Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

مقاله پژوهشی

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال سی و دوم، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۴۰۳، از صفحهٔ ۶۸۳ تا ۷۱۰

بررسی زمین‌شیمی عناصر اصلی، کمیاب و خاکی نادر در پهنه‌های دگرسانی و کانه‌زایی گرمابی منطقه تازه‌کند، شمال‌شرق زنجان

زهره جبارزاده*، کمال سیاه‌چشم، علی‌اصغر کلاگری

گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱/۱۵، نسخه نهایی: ۱۴۰۳/۳/۶)

چکیده: گستره معدنی تازه‌کند به عنوان بخشی از کمربند فلززایی طارم- هشتجین در۴۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان زنجان، شمال‌غرب ایران واقع است. بر پایه بررسی‌های صحرایی، سنگ‌نگاری و زمین‌شیمی، ترکیب سنگ‌شناسی توده‌های نفوذی آن از کوارتزمونزونیت، مونزونیت، مونزودیوریت تا گابرودیوریت متغیر است و ترکیب واحدهای آتشفشانی آن در گستره تراکی آندزیت، آندزیت تا آندزیت بازالتی قرار دارد. رسم نمودارهای شاخص دگرسانی ایشیکاوا (AI)، شاخص کلریت-کربنات-پیریت (CCPI) به نام نمودار جعبه‌ای دگرسانی و شاخص دگرسانی شیمیایی (CIA)، انواع اصلی دگرسانی‌ها و شدت آنها را در این منطقه نشان داده است. بررسی تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر با توجه به عامل غنی‌شدگی در پهنه‌های دگرسانی و کانه‌زایی نشان دهنده نقش دمای بالا و pH پایین محلول‌های دگرسان کننده بوده که عامل مهمی در تجزیه کانی‌هایی چون پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی و کانی‌های فرومنیزین و خروج اکسیدهای K_2O، Na_2O و CaO است. الگوی کلی توزیع عناصر خاکی نادر (REE) به هنجار شده نسبت به کندریت و گوشته اولیه در توده‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی دگرسان شده و به نسبت سالم (به عنوان سنگ‌های میزبان) یک شیب منفی مشخص و غنی‌شدگی از عناصر خاکی نادر سبک (LREE) و عناصر سنگ دوست درشت یون (LILE) و تهی شدگی از عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) و عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) طی فرآیند دگرسانی را نشان می‌دهد. بی‌هنجاری‌های Eu، Ce و (Eu/Eu*، Ce/Ce* وPr/Pr*) در کانسنگ‌ها بهمراه سنگ میزبان سالم و دگرسان شده بررسی شده‌اند. از بررسی تغییرات عناصر خاکی نادر و الگوی توزیع بهنجار شده آن‌ها می‌توان گفت که هر نوع دگرسانی شرایط فیزیکوشیمیایی ویژه خود را داشته که ناشی از عملکرد تزریق چند باره سیال گرمابی طی هر دو فرآیند درونزاد و برونزاد است. فرآیندهای درونزاد نسبت به فرآیندهای برونزاد نقش بسیار مهم و برجسته‌ای در گسترش و تکامل پهنه‌های دگرسانی گستره معدنی تازه‌کند داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: *زمین‌شیمی؛ عناصر خاکی نادر؛ عامل غنی شدگی؛ شاخص دگرسانی گرمابی؛ بی‌هنجاری Eu و Ce؛ تازه‌کند؛ زنجان.*

مقدمه

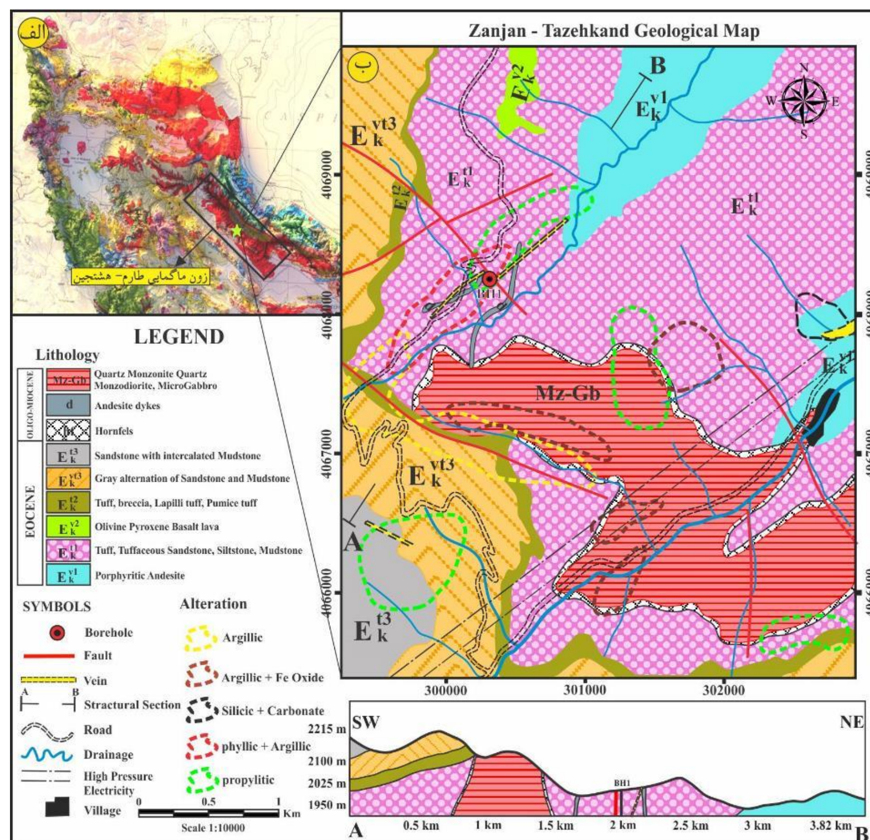
کانسارهای گرمابی از مهم‌ترین انواع کانسارها هستند که درصد بسیار بالا از فلزهایی چون سرب، روی، مولیبدن، نقره، مس، طلا و اورانیوم مورد نیاز جهان را تأمین می‌کنند [۱]. یکی از موضوع‌های جالب توجه در این کانسارها، دگرسانی گرمابی در ارتباط با کانی‌سازی بوده، که به طور معمول دارای منطقه‌بندی کانیایی و زمین‌شیمیایی است [۲]. شناسایی رابطه بین کانی شناسی، زمین‌شیمی و شدت دگرسانی در سامانه‌های دگرسانی دارای منطقه‌بندی به عنوان ابزاری سودمند برای پی‌جویی این کانسارها به کار می‌رود [۳]. از آنجا که این دگرسانی‌ها با تغییرات کانی‌شناسی، شیمیایی و بافتی سنگ دیواره مشخص می‌شوند، کانی‌های گرمابی متنوع در این پهنه‌های دگرسانی

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۹۳۱۹۱۱۷، پست الکترونیکی: Zohreh.Jabarzadeh@gmail.com

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

که اغلب به تغییرات دما و pH حساس هستند [۴] می‌توانند اطلاعات مفیدی درباره ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال گرمابی فراهم نمایند [۵]. برای درک بهتر دگرسانی گرمابی و شدت آن می‌توان افزون بر بررسی‌های کانی‌شناسی از یافته‌های زمین‌شیمیایی نمونه‌های دگرسان شده سنگ میزبان و نمودار جعبه‌ای دگرسانی استفاده کرد [۶].

کمربند فلززائی طارم- هشتجین از گستره‌های مهم فعالیت ماگمایی- فلززایی در ایران بوده و گستره معدنی تازه‌کند به عنوان بخشی از کمربند فلززائی طارم- هشتجین با مختصات جغرافیایی ً۵۸ َ۴۵°۴۸ طول شرقی و ً۲۹ َ۴۴ °۳۶ عرض شمالی در ۴۵ کیلومتری شمال‌شرق شهرستان زنجان واقع است (شکل ۱ الف). پهنه ماگمایی طارم- هشتجین میزبان بسیاری از کانسارهای فراگرمایی چندفلزی و Au-Ag در ارتباط با توده‌های نفوذی الیگوسن و واحدهای آتشفشانی- رسوبی ائوسن (معادل سازند کرج) [۷، ۸] است. از کانسارها و رخدادهای مهم موجود در این پهنه می‌توان به کانسار آهن آپاتیت‌دار مروارید [۷]، مس- طلای رشت‌آباد [۹]، مس علی-آباد [۱۰]، چودرچای [۱۱]، مس آق‌کند [۱۲] و طلای گلوجه [۱۳] اشاره کرد. گفتنی است که اطلاعات جامع و دقیقی درباره ویژگی‌های زمین‌شیمیایی توده‌های نفوذی گستره تازه-کند بر پایه یافته‌های زیر سطحی وجود ندارد و همچنین تاکنون اثر دگرسانی‌ها بر رفتار و چگونگی توزیع عناصر خاکی نادر بررسی نشده است. از اینرو در این پژوهش، بر پایه بازدیدهای صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی (سنگ‌نگاری، کانه‌نگاری، محاسبه تغییرات جرم عناصر و ضریب همبستگی پیرسون)، زمین‌شیمی اکسیدهای اصلی، عناصر فرعی، کمیاب و خاکی نادر در پهنه‌های دگرسانی در مقایسه با سنگ‌های به نسبت سالم و شرایط فیزیکوشیمیایی سیال مسئول دگرسانی و کانی‌سازی، شدت دگرسانی و نوع فرآیندهای درونزاد و برونزاد در گسترش سامانه گرمابی دگرسان کننده بررسی شده‌اند. همچنین نقش کانی‌ها و عوامل مختلف زمین‌شیمیایی در تحرک، توزیع و تمرکز عناصر خاکی نادر و دلایل رخداد بی-هنجاری‌های Eu و Ce طی فرآیند دگرسانی گستره معدنی تازه‌کند بررسی شده است.



شکل ۱ الف) نقشه پهنه‌های ساختاری شمال‌غرب ایران و جایگاه کمربند ماگمایی طارم- هشتجین [۷، ۸]، ب) نقشه زمین‌شناسی تهیه شده با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ برای منطقه تازه‌کند به همراه برونزد پهنه‌های دگرسانی برگرفته از مرجع [۱۴].

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

روش پژوهش

به منظور بررسی ماهیت زمین‌شیمیایی دگرسانی‌ها و اکسیدهای اصلی، عناصر فرعی، کمیاب و خاکی نادر توده‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی، بررسی‌ها در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. در بخش صحرایی، زمین‌شناسی منطقه، دگرسانی‌های گرمابی و کانه‌زایی بررسی گردید و نمونه‌برداری اصولی از رگه‌های دربردارنده کانه‌زایی، پهنه‌های دگرسانی و سنگ دیواره سالم و کمتر دگرسان شده سطحی و مغزه‌های حفاری برآمده از یک حلقه گمانه به عمق ۴۷۱ متر انجام شد. در بخش آزمایشگاهی، ویژگی‌های بافتی و کانی‌شناسی به روش مرسوم میکروسکوپی بر روی ۱۳ مقطع صیقلی، ۲۲ مقطع نازک و ۳۲ مقطع نازک -صیقلی بررسی شد. برای تعیین فازهای کانیایی غیر قابل تشخیص در پهنه‌های دگرسانی، تعداد ۶ نمونه سطحی و ۵ نمونه زیرسطحی به روش پراش پرتو ایکس (XRD) در مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران بررسی شدند. به منظور پی‌جویی‌های زمین‌شیمیایی و بررسی تغییرات اکسیدهای اصلی، عناصر فرعی، جزئی و خاکی نادر، تعداد ۹ نمونه سطحی و ۸۱ نمونه زیرسطحی به روش طیف- سنجی فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و طیف سنجی نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-ES) در آزمایشگاه زرآزما و مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران تجزیه شیمیایی شدند(جدول ۱). نمودارهای مختلف زمین‌شیمیایی با نرم- افزارهای GCDKit، کورل و اکسل ترسیم و تحلیل شدند.

بحث و بررسی

زمین شناسی گستره تازه کند

توده‌های نفوذی در مرکز تا جنوب شرق گستره معدنی تازه‌کند رخنمون دارند [۱۴]. فعالیت‌های ماگمایی در این گستره به طور عمده شامل مجموعه‌ای از توده‌های نفوذی با ترکیب سنگ‌شناسی کوارتزمونزونیت، مونزونیت، مونزودیوریت تا گابرودیوریت به سن الیگومیوسن هستند که بر واحدهای آتشفشانی- رسوبی ائوسن اثر گذاشته و آن‌ها را قطع کرده‌اند. پنج واحد سنگی آتشفشانی و آذرآواری ائوسن به ترتیب کاهش سن شامل واحد E_k^{v1} (گدازه‌های آندزیتی با بافت پورفیری)، واحد E_k^{t1} (توف بلوری، توف سنگی بلوری و خاکستر توف)، واحد E_k^{t2} (شامل توف برشی، توف پامیسی و توف جوش خورده در بخش زیرین و توف سنگی، توف بلوری و خاکستر توف در بخش بالا)، واحد E_k^{vt3}(تناوب گدازه‌های آندزیتی و آندزیت بازالتی با بافت پورفیری و توف‌های حدواسط با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ، لای‌سنگ و گل‌سنگ) و واحد E_k^{t3} (ماسه سنگ، لای‌سنگ، ماسه سنگ توفی) هستند [۱۰] (شکل ۱ ب).

بر اساس بررسی‌های سنگ‌شناسی، پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی و کوارتز از کانی‌های اصلی ریزکوارتز مونزونیت هستند که با کانی‌های فرعی چون بیوتیت، هورنبلند و کانی‌های کدر همراهی می‌شوند. همچنین پلاژیوکلاز و فلدسپار قلیایی از کانی‌های اصلی مونزودیوریت و گابرودیوریت هستند که با کانی‌های فرعی چون الیوین، پیروکسن، هورنبلند، کوارتز و کانی‌های کدر همراهی می‌شوند. پلاژیوکلاز، کوارتز، فلدسپار قلیایی و کانی‌های فرومنیزین (کاملاً دگرسان) در خمیره شیشه‌ای از کانی‌های اصلی لاتیت آندزیت، تراکی آندزیت و آندزیت حضور دارند. بافت‌های پورفیری، دانه‌ای، ریز بین‌دانه ای، شعاعی، جانشینی، برونرستی، انتشاری، رگه- رگچه‌ای، داربستی و برشی از جمله بافت‌های همراه با توده‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی گستره معدنی تازه‌کند هستند (شکل‌های ۲ الف و ب). سیال‌های ماگمایی- گرمابی برآمده از توده‌های نفوذی در گستره تازه‌کند مسئول کانه‌زایی و دگرسانی‌های گرمابی در این منطقه هستند. دگرسانی در این منطقه گسترش سطحی متوسط و عمقی به نسبت بالایی دارند و غالب واحدهای سنگی منطقه را دچار کرده و تغییرات شیمیایی و کانی‌شناسی گسترده‌ای در آن‌ها ایجاد کرده است. بررسی‌های بافتی و کانی‌شناسی در این منطقه نشان دهنده دگرسانی گرمابی به دو صورت جانشینی درون کانی‌های پیشین (شکل ۲ پ) و نهشت مستقیم در فضاهای خالی و شکستگی‌هاست. کانی‌های کوارتز، سریسیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت، آلونیت، دیکیت، مونتموریلونیت، ایلیت، انیدریت، سنگ گچ، کریستوبالیت و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن و منگنز از مهم‌ترین کانی‌های ثانویه شناسایی شده در مجموعه‌های دگرسانی هستند (جدول ۲) که به صورت دگرسانی‌های درونزاد کلریت-سریسیت (شکل ۲ ت)، فیلیک (شکل ۲ ث)، پروپلیتیک (شکل ۲ ج)، کربناتی، آرژیلیک پیشرفته و متوسط، سیلیسی و برونزاد اکسید و هیدرواکسیدهای آهن در منطقه تظاهر یافته‌اند. کانه‌های تشکیل دهنده کانسنگ‌ها در گستره معدنی تازه‌کند در ۳ دسته شامل کانی‌های سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت، گالن، بورنیت، کالکوسیت و کوولیت، شکل‌های ۲ چ و ح)، کربنات‌ها (مالاکیت و آزوریت) و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن (مگنتیت، هماتیت، اسپکیولاریت، شکل ۲ خ، گوتیت و لیمونیت) قرار می‌گیرند.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

جدول ۱ نتایج تجزیه اکسیدهای عنصر اصلی، فرعی و کمیاب توده‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی گستره معدنی تازه‌کند به روش‌های XRF برحسب درصد و ICP-MS بر حسب ppm، که ۹ نمونه اول سطحی و ۸۱ نمونه زیرسطحی همراه با عمق مشخص شده‌اند (در سربرگ نمونه‌ها علامت × نشانگر توده نفوذی دیوریتی سالم و ×× نشانگر واحد آندزیتی سالم است).

Sample	S-TZK-11	*S-TZK-13	S-TZK-06	S-TZ-T2-1	S-TAK-Si	S-TZK-04	S-TZK-07	S-TZK-14	S-TZ-2-1	BH1-060-070	BH1-070-073	BH1-073-076	BH1-076-079	BH1-079-082	BH1-082-085	BH1-085-088	BH1-088-091	BH1-091-094
SiO_2	۷۳٫۵۳	۴۹٫۶۴	۴۹٫۸۸	۵۱٫۰۸	۸۳٫۲۸	۶۲٫۹۵	۷۴٫۰۱	۶۶٫۲	۷۰٫۴۳	۵۳٫۷۴	۵۳٫۱۷	۵۳٫۱۶	۵۳٫۷۷	۵۳٫۳۷	۵۱٫۵۸	۵۳٫۵۲	۵۱٫۵۸	۵۲٫۷۷
Al_2O_3	۱۲٫۷	۱۵٫۵۳	۱۵٫۹۹	۱۴٫۰۲	۶٫۹۲	۱۴٫۷۶	۱۳٫۸۹	۱۲٫۳۴	۱۴٫۱۶	۱۴٫۹۷	۱۴٫۵۱	۱۴٫۶۳	۱۵٫۳۸	۱۵٫۰۶	۱۴٫۳۴	۱۴٫۵۹	۱۴٫۲	۱۵٫۲۹
BaO	۰٫۰۱	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۶	۰٫۰۳	۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۰۷	۰٫۰۳	۰٫۰۸	۰٫۰۷	۰٫۰۸	۰٫۰۹	۰٫۰۸	۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۱	۰٫۰۶
CaO	۰٫۳۲	۶٫۶۵	۷٫۶۷	۴٫۵۳	۰٫۲۵	۰٫۵۳	۰٫۲۷	۲٫۷۱	۰٫۵۷	۱٫۵۳	۱٫۳۴	۱٫۲۲	۱٫۰۱	۱٫۰۷	۴٫۲۵	۱٫۱۷	۱٫۳۱	۳٫۰۳
Fe_2O_3	۳٫۴۲	۶٫۷۲	۷٫۸۲	۵٫۱۹	۱٫۸۳	۹٫۲۵	۳٫۱	۵٫۶	۶٫۱	۱۳٫۱۴	۱۵٫۱۵	۱۴٫۵۳	۱۳٫۶۶	۱۴٫۱۹	۱۱٫۵۳	۱۴٫۹۵	۱۶٫۰۱	۱۱٫۶۴
K_2O	۳٫۰۴	۲٫۴۳	۲٫۲۴	۳٫۶۵	۲٫۳۶	۳٫۴۶	۴٫۶۵	۳٫۴	۳٫۶۹	۳٫۰۴	۲٫۲۱	۲٫۹۶	۳٫۵۳	۲٫۹۹	۲٫۰۶	۲٫۵۹	۲٫۹۸	۲٫۱۷
MgO	۰٫۸۸	۳٫۷	۴٫۶۹	۲٫۷۲	۰٫۳۴	۲٫۲۸	۱٫۰۳	۱٫۷۸	۰٫۹۰	۴٫۱۳	۴٫۶۱	۴٫۲	۴٫۱۲	۴٫۷۶	۵٫۴۱	۳٫۸۳	۳٫۴۴	۴٫۷۵
MnO	۰٫۰۱	۰٫۱۲	۰٫۱۱	۰٫۱۳	۰٫۰۷	۰٫۱۴	۰٫۰۲	۰٫۳۷	۰٫۰۰۸	۰٫۵	۰٫۵۵	۰٫۵۳	۰٫۵۱	۰٫۵۷	۰٫۵۶	۰٫۴۴	۰٫۴۲	۰٫۵۴
Na_2O	۰٫۴۴	۳٫۱۱	۲٫۷۸	۲٫۸۴	۰٫۲	۴٫۰۲	۱٫۶۶	۱٫۹۷	۱٫۲۱	۲٫۵۸	۳٫۰۶	۲٫۷۷	۲٫۴۴	۲٫۷۵	۳٫۱۳	۳٫۱۲	۳٫۰۳	۳٫۱۳
P_2O_5	۰٫۰۲	۰٫۲۱	۰٫۲۳	۰٫۱۸	۰٫۰۹	۰٫۲۹	۰٫۱	۰٫۲۲	۰٫۱۱	۰٫۲۶	۰٫۲۳	۰٫۲۵	۰٫۲۵	۰٫۲۴	۰٫۲۵	۰٫۲۴	۰٫۲۵	۰٫۲۵
SO_3	۰٫۱	۰٫۲۷	۰٫۱۶	۰٫۲۵	۰٫۰۵	۱٫۶۹	۰٫۰۵	۱٫۶۴	۰٫۸۴	۰٫۷۳	۰٫۱۸	۰٫۸۴	۰٫۴۲	۰٫۲۷	۰٫۱	۱٫۰۳	۱٫۹۷	۰٫۱۷
TiO_2	۰٫۲۵	۰٫۶۳	۰٫۷۵	۰٫۵۳	۰٫۲۴	۰٫۶۲	۰٫۳	۰٫۷۵	۰٫۸۲	۰٫۸۷	۰٫۹۴	۰٫۸۳	۰٫۸۵	۰٫۹۳	۰٫۹۳	۰٫۸۱	۰٫۷۸	۰٫۸۵
مواد فرار(L.O.I)	۲٫۵	۸٫۹۱	۶٫۷۷	۱۱٫۷۵	۴٫۳۸	۰٫۰۷	۰٫۹۸	۲٫۹۱	۱٫۰۳	۴٫۳۳	۳٫۹۳	۴	۳٫۹۶	۳٫۷۲	۵٫۷۹	۳٫۶۳	۳٫۹۱	۳٫۳۵
مجموع%	۹۹٫۲۳	۹۷٫۹۸	۹۹٫۱۴	۹۶٫۹۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹٫۹۷	۹۹٫۹۰	۹۹٫۹۰	۹۹٫۹۵	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۹۹٫۹۸	۱۰۰	۹۹٫۹۸	۱۰۰
Ag	۱	۰٫۵	۳٫۰۴	۰٫۵	۱٫۲	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۹	۵۵	۳٫۵	۲٫۵	۱٫۳	۱	۱	۰٫۴	۰٫۸۰	۱٫۶	۰٫۷۰
As	۵٫۳۹	۲۱٫۵۳	۱۳٫۶۲	۹٫۱	۲۲٫۹	۰٫۱	۱۷٫۳	۸٫۶	۵۶٫۷۲	۸۴٫۳۰	۲۱٫۳	۱۱٫۱	۷٫۴	۶	۶	۴٫۱	۹	۵
Ba	۱۲۱٫۶	۴۶۱٫۳	۴۶۰٫۷	۵۲۲٫۵	۲۴۹	۴۵۵	۷۱۰	۶۳۵	۲۷۴٫۹	۶۰۶	۵۲۸	۶۵۲	۷۲۷	۶۲۱	۴۱۴	۵۶۰	۷۶۱	۴۱۸
Be	۰٫۵۵	۰٫۴۶	۰٫۵۸	۰٫۲۲	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۵	۱٫۲	۰٫۷۳	۱٫۴	۱٫۸	۱٫۵	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۱	۱٫۳
Bi	۰٫۹	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۴	۱٫۳	۰٫۷	۰٫۳	۰٫۵	۱٫۴۸	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۷۰	۰٫۷۰	۰٫۶۰
Cd	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۶	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۹	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲۲	۰٫۱۰	۰٫۱۰
Ce	۱٫۶۹	۱۷٫۸۳	۱۸٫۲۸	۱۸٫۵	۸۳	۲۸	۴۲	۴۳	۹٫۳۱	۳۴	۳۸	۴۲	۴۶	۳۹	۳۹	۳۲	۳۱	۳۸
Co	۶٫۶۴	۲۴٫۳۲	۳۰٫۴۴	۲۱٫۴۵	۳٫۱	۸	۲٫۶	۱۶٫۲	۱۲٫۵۴	۴۱٫۱	۲۷٫۲	۴۲٫۲	۲۷٫۸	۲۱٫۳	۲۵٫۱	۴۰	۵۵٫۵	۱۹٫۵
Cr	۱۷٫۱۶	۴۰٫۹۵	۲۸٫۷۸	۵۲٫۴۸	۱۶	۲۸	۲۳	۳۴	۲۹٫۴	۶۷	۶۱	۵۳	۶۰	۷۷	۱۲۵	۹۱	۸۷	۷۹
Cs	۰٫۹۷	۱٫۲	۰٫۹	۱٫۵	۳٫۲	۳٫۸	۵٫۲	۶٫۱	۳٫۵۶	۳٫۴	۲٫۸	۳٫۴	۵٫۴	۳٫۶	۴٫۳	۳	۲٫۱	۴٫۵
Cu	۲۵۷	۱۰۵٫۳	۱۳۸٫۶	۸۲	۹۴	۷۴۳	۶۳	۸۲۵۵	۷۴٫۳۸	۱۱	۳۲۴	۵۶۶	۵۵۱	۷۰۳	۸	۱۳۵۶	۱۸۹۴	۴۴۸
Dy	۰٫۸۵	۱٫۶۹	۱٫۹۲	۱٫۵۵	۲٫۰۳	۱٫۷۸	۲٫۵۶	۳٫۹۹	۰٫۹۳	۳٫۷۳	۳٫۸۷	۳٫۴۷	۳٫۴۴	0۳٫۳	۳٫۶۹	۳	۲٫۷۵	۳٫۲۲
Er	۰٫۷۲	۱٫۰۷	۱٫۲۳	۰٫۹	۰٫۹۹	۰٫۹	۱٫۶۱	۲٫۲۱	۰٫۸۳	۱٫۹۶	۲٫۰۲	۱٫۷۷	۱٫۷۵	۱٫۶۸	۱٫۸۹	۱٫۴۶	۱٫۳۹	۱٫۷
Eu	۰٫۳۴	۰٫۹	۰٫۸۵	۰٫۹	۱٫۴	۰٫۵	۰٫۴۷	۰٫۴۹	۰٫۵۴	۰٫۹۹	۰٫۸۷	۰٫۹۷	۰٫۹۷	۰٫۸۰	۱٫۰۱	۰٫۸۱	۰٫۸۶	۰٫۹۰
Gd	۰٫۹	۱٫۷۷	۱٫۸۳	۱٫۵۴	۳٫۹۵	۱٫۲۲	۱٫۹۸	۳٫۶۸	۱٫۲	۳٫۴۲	۳٫۵۵	۳٫۲۹	۳٫۳	۳٫۰۲	۳٫۳۷	۲٫۷۴	۲٫۴۵	۳٫۰۳
Hf	۰٫۴	۲٫۰۱	۱٫۶۲	۱٫۶	۱٫۳۳	۰٫۸۳	۳٫۱۵	۳٫۱۵	۱٫۲۴	۱٫۲۲	۱٫۳	۱٫۱۵	۱٫۶۴	۱٫۳۹	۱٫۷۲	۰٫۶۶	۱٫۳۴	۱٫۴۴
La	۱۸	۶٫۸۶	۶٫۶۷	۷٫۲۴	۴۷	۱۴	۲۷	۲۴	۱۳٫۵۴	۱۷	۱۸	۲۰	۲۲	۱۸	۱۷	۱۷	۱۶	۱۸
Li	۱۱٫۱	۱۲٫۶۳	۱۰٫۴۵	۱۲٫۹۱	۳۶	۲۳	۲۲	۲۵	۱۷٫۵۷	۴۱	۴۱	۳۸	۳۶	۳۸	۳۶	۳۰	۳۲	۳۶
Lu	۰٫۲۱	۰٫۳۵	۰٫۴۵	۰٫۴۹	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۳	۰٫۲۷	۰٫۱۶	۰٫۲۳	۰٫۲۳	۰٫۱۹	۰٫۱۹	۰٫۱۹	۰٫۲۳	۰٫۱۴	۰٫۱۸	۰٫۲
Mo	۱٫۵	۱٫۳۱	۱	۱٫۴	۱۱٫۵	۱٫۱	۱٫۶	۰٫۵	۳٫۴۶	۱۵٫۲	۰٫۵	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۵۹	۰٫۱	۰٫۱
Nb	۴٫۵۲	۴٫۱۳	۳٫۷۳	۵٫۶۲	۷	۹٫۹	۱۳٫۱	۱۵٫۲	۶٫۱۳	۱۰٫۳	۱۱٫۸	۱۰٫۵	۱۰٫۳	۱۰٫۵	۹٫۳	۸٫۷	۸٫۴	۹٫۷
Nd	۴٫۵۶	۱۱٫۲۴	۱۱٫۰۶	۱۱٫۱۳	۳۶٫۴	۸٫۵	۱۵٫۷	۱۹٫۹	۵٫۷۲	۱۴٫۶	۱۵٫۱	۱۶٫۸	۱۸٫۲	۱۴٫۹	۱۴٫۵	۱۳٫۱	۱۲٫۹	۱۴٫۹
Ni	۱۰٫۹۸	۱۷٫۰۴	۲۰٫۷۱	۱۷٫۸۷	۳	۲	۱۷	۹	۱۰٫۱۷	۲۵	۲۰	۲۱	۲۲	۲۷	۴۶	۲۴	۲۷	۲۵
Pb	۱۶٫۲۷	۳۲٫۵۷	۷٫۴۳	۹٫۵۶	۲۴۴	۲۰۱	۱۶	۱۰	۱۱۱٫۹	۳۶۴	۸۱	۳۸	۲۶	۲۴	۲۳	۱۷	۲۷	۶۵
Pr	۳٫۵۱	۱٫۴۱	۱٫۴۷	۱٫۴۹	۹٫۲۳	۱٫۸۹	۴٫۱۴	۴٫۷۸	۲٫۳۵	۳٫۳۴	۳٫۶۱	۴٫۰۱	۴٫۴۵	۳٫۵۹	۳٫۳۶	۳٫۰۴	۲٫۹۸	۳٫۵۱
Rb	۱۰٫۵۸	۱۰٫۳۶	۹٫۰۷	۲۰٫۲۵	۱۰۴	۹۹	۱۴۱	۱۲۷	۶۱٫۱۹	۷۷	۵۳	۷۶	۹۷	۷۴	۳۶	۵۷	۶۹	۶۱
Sb	۱٫۶	۱٫۴۷	۱٫۲۳	۱	۵٫۲	۱٫۲	۱٫۱	۹٫۵	۷٫۰۵	۳٫۵	۳٫۹	۴	۳٫۸	۲٫۲	۲٫۹	۲	۲٫۲	۳٫۷
Sc	۱٫۸۸	۷٫۹۸	۹٫۷۷	۶٫۴۳	۳٫۵	۱۷٫۴	۵٫۷	۸٫۹	۶٫۴۳	۲۲٫۷	۲۴٫۲	۲۲٫۵	۲۲٫۸	۲۵٫۷	۲۸٫۴	۲۰٫۹	۲۱٫۴	۲۵٫۳
Sm	۰٫۹۳	۱٫۶۷	۱٫۷۱	۱٫۴۹	۰٫۰۲	۱٫۶۳	۲٫۵۵	۳٫۹	۰٫۹۶	۳٫۶۳	۳٫۶۲	۳٫۷۲	۳٫۹۳	۳٫۴۵	۳٫۵۹	۳٫۱۲	۳٫۰۱	۳٫۴۱
Sn	۱٫۱۳	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۸	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۳۷	۱٫۵	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۲
Sr	۱۶٫۰۸	۴۲۴٫۰۴	۴۰۴٫۷۲	۳۱۴٫۰۳	۲۷٫۶	۱۱۰٫۲	۶۷٫۲	۱۱۲٫۳	۱۵۲٫۴۴	۱۰۱٫۴	۹۵٫۲	۹۶٫۱	۱۰۴٫۶	۱۲۰٫۲	۱۶۱٫۴	۱۱۱	۸۴٫۳	۱۰۲٫۵
Ta	۰٫۴۸	۰٫۵	۰٫۸	۰٫۹	۰٫۵۲	۰٫۶۷	۰٫۸۶	۰٫۸۵	۰٫۶۷	۰٫۷۱	۰٫۷۸	۰٫۷	۰٫۶۸	۰٫۷۱	۰٫۶۴	۰٫۵۶	۰٫۶۰	۰٫۶۲
Tb	۰٫۴۵	۰٫۴۲	۰٫۳۶	۰٫۵۳	۰٫۴۸	۰٫۳۱	۰٫۴۱	۰٫۶۴	۰٫۳۵	۰٫۶۱	۰٫۶۲	۰٫۵۸	۰٫۵۸	۰٫۵۵	۰٫۶	۰٫۵۲	۰٫۴۸	۰٫۵۳
Te	۰٫۲۱	۰٫۳۴	۰٫۱۳	۰٫۲۱	۰٫۳۷	۰٫۱	۰٫۳۹	۰٫۱	۰٫۲۳	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱۹	۰٫۱	۰٫۱۳	۰٫۱۶	۰٫۱۲
Th	۰٫۷۶	۱٫۹۱	۱٫۵	۲٫۵	۴٫۱۹	۲٫۸۴	۱۳٫۰۹	۶٫۸۶	۱٫۹۲	۱۴٫۱۳	۳٫۱۴	۳	۳٫۴۵	۳٫۱۳	۲٫۸۸	۲٫۰۹	۲٫۸۳	۳٫۱۸
Ti	۱۵۰۰	۳۸۰۰	۴۵۰۰	۳۲۰۰	۱۴۳۰	۳۷۱۳	۱۸۱۳	۴۴۸۲	۴۹۰۰	۵۲۵۸	۵۶۱۲	۴۹۰۸	۵۰۸۰	۵۴۱۴	۵۴۵۴	۴۷۹۹	۴۶۹۰	۴۹۸۳
Tl	۰٫۸۷	۰٫۵۸	۰٫۶۸	۰٫۷۶	۰٫۵۴	۰٫۵۵	۰٫۹	۰٫۸۲	۰٫۵۷	۰٫۵۳	۰٫۳۴	۰٫۴۶	۰٫۵۶	۰٫۴۶	۰٫۳۲	۰٫۳۹	۰٫۴۶	۰٫۳۷
Tm	۰٫۱۸	۰٫۳۱	۰٫۴۳	۰٫۳۲	۰٫۲۱	۰٫۲	۰٫۲۷	۰٫۳۱	۰٫۱۲	۰٫۲۹	۰٫۳	۰٫۲۶	۰٫۲۷	۰٫۲۷	۰٫۲۹	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۶
U	۲٫۲۷	۱٫۴۸	۰٫۹	۱٫۴۶	۱٫۱	۰٫۹۵	۴٫۱	۱٫۷	۱٫۳۷	۱	۱٫۱	۱	۱٫۱	۱	۱	۰٫۷	۱٫۱	۱٫۰۷
V	۷۵٫۸۲	۱۴۸٫۲۸	۱۸۳٫۲۸	۱۰۷٫۳۸	۳۸	۱۳۷	۳۹	۵۲	۱۷۱٫۰۲	۱۵۸	۱۶۸	۱۴۶	۱۵۲	۱۷۲	۱۸۱	۱۶۳	۱۴۹	۱۶۳
W	۱٫۰۶	۰٫۷۵	۰٫۸۵	۱٫۵۳	۱٫۶	۲٫۵	۱٫۸	۳٫۱	۱٫۵۳	۷٫۳	۱۱٫۸	۵٫۳	۸٫۷	۶٫۴	۴٫۸	۱۲٫۴	۱۵٫۴	۵٫۳
Y	۸٫۷۷	۶٫۹۵	۸٫۱۵	۶٫۱۵	۱۲٫۳	۱۰٫۲	۱۳٫۹	۱۹٫۳	۱۱٫۸۶	۱۹٫۵	۲۰٫۹	۱۹٫۴	۱۸٫۵	۱۷٫۶	۱۸٫۷	۱۵	۱۵٫۵	۱۷٫۹
Yb	۱٫۱۲	۱٫۱۷	۱٫۲۵	۱٫۰۱	۰٫۷	۰٫۹	۸٫۱	۱٫۷	۱٫۳۲	۱٫۶	۱٫۶	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۴
Zn	۵۰٫۰۹	۱۲۹٫۳۲	۷۶٫۰۷	۷۹٫۱۱	۱۵۹	۱۶۵	۳۷	۱۳۳	۳۳٫۳۳	۱۱۲	۱۰۵	۹۵	۹۴	۹۹	۹۰	۸۵	۸۰	۱۱۹
Zr	۷۴٫۱۵	۹۷٫۸۲	۵۵٫۱۴	۶۶٫۵۱	۱۱۱	۳۵	۹۰	۱۰۰	۶۱٫۳۲	۱۰۸	۱۲۵	۱۲۱	۱۱۹	۱۱۴	۱۰۰	۳۲	۱۰۱	۱۱۱

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

ادامه جدول ۱

Sample	BH1-094-097	BH1-097-100	BH1-100-103	BH1-103-106	BH1-106-109	BH1-109-112	BH1-112-115	BH1-115-118	BH1-118-121	BH1-121-124	BH1-124-127	BH1-127-130	BH1-130-133	BH1-133-136	BH1-141-146	BH1-146-151	BH1-151-154	BH1-154-157
SiO_2	۵۲/۷۹	۵۱/۸۲	۴۹/۳۵	۵۳/۲۴	۵۲/۷۵	۵۵/۸۲	۵۳/۵۹	۵۴/۲	۵۶/۵۶	۵۳/۴۴	۵۵/۰۶	۵۵/۳۱	۵۵/۴	۵۵/۲۵	۶۳/۹۶	۶۴/۳۴	۶۲/۳	۶۲/۱۹
Al_2O_3	۱۵/۲۱	۱۴/۷۱	۱۳/۷۵	۱۴/۸۹	۱۵/۴۴	۱۶/۱۷	۱۴/۹۵	۱۵/۸۲	۱۵/۷۷	۱۵/۲۹	۱۵/۷۱	۱۵/۱۳	۱۵/۰۴	۱۵/۸۳	۱۴/۹۲	۱۵/۰۷	۱۵/۴۹	۱۱/۹۴
BaO	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷
CaO	۱/۴۶	۱/۸۳	۱/۲۴	۲/۲۶	۵/۵۴	۱/۵۱	۱/۱۲	۱/۶	۳/۲۱	۴/۵۸	۲/۷۷	۲/۳۶	۱/۴۵	۴/۰۳	۱/۷۴	۲/۰۵	۱/۸۷	۱/۱۹
Fe_2O_3	۱۴/۷۷	۱۶/۸۸	۱۷/۸۹	۱۳/۵۱	۸/۴۶	۱۰/۴۹	۱۳/۸۷	۱۳/۵۵	۹/۱۲	۹/۵۵	۹/۳۱	۱۰/۸۶	۱۳/۶۹	۸/۹۲	۵/۷۳	۵/۱۸	۵/۹۴	۱۱/۱۹
K_2O	۲/۱۹	۲	۰/۹۲	۰/۷۷	۱/۶۴	۱/۵۳	۱/۱۲	۱/۵۸	۰/۹۳	۲/۲۱	۳/۱۳	۲/۱۵	۳/۰۶	۲/۹۶	۴/۸	۴/۸۵	۵/۱۷	۳/۷۸
MgO	۴/۳۳	۳/۴۴	۴/۸۹	۴/۷۲	۴/۱	۴/۳۸	۴/۲۳	۳/۵۴	۳/۸۱	۴/۱۴	۳/۵	۳/۴۸	۲/۵۵	۳/۴۷	۱/۹۲	۱/۹۱	۱/۸۸	۱/۶۳
MnO	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۴	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۳۸	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۳
Na_2O	۲/۷۴	۲/۶۲	۲/۴۳	۳/۷۱	۳/۳۱	۳/۱۷	۳/۰۳	۳/۶۴	۴/۳۶	۳/۵۶	۳/۷۷	۳/۵	۳/۰۹	۳/۳۵	۳/۴	۳/۵۶	۳/۵۱	۲/۵۹
P_2O_5	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۱
SO_3	۰/۳۷	۰/۴۱	۲/۵۹	۰/۲	۰/۰۸	۰/۸۱	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۲۰	۰/۴۱	۰/۸۱	۱/۱	۰/۹	۰/۵۲	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۵۳	۱/۹۲
TiO_2	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۸۸	۰/۹	۰/۹۸	۰/۸۴	۰/۹۱	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۹	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۵	۰/۳۹
L.O.I	۴/۴۴	۴/۷۲	۵/۲۷	۴/۹۲	۷/۰۳	۴/۶۲	۴/۹۷	۴/۰۶	۴/۴۶	۵/۲۶	۴/۴۸	۴/۵۸	۳/۵۶	۴/۳۸	۲/۴۶	۲/۰۹	۲/۴	۲/۷۷
مجموع٪	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۹۸	۱۰۰	۹۹/۹۹	۱۰۰	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
Ag	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۱/۵	۱/۳	۰/۹۰	۰/۶۰	۱	۱/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۸	۰/۵	۰/۹	۰/۴۹
As	۶/۸	۶/۵	۶/۶	۵/۴	۳/۷	۲	۲/۷	۱/۸	۵/۸۰	۳/۲۰	۲/۲۰	۲/۷	۳/۸	۵/۱	۲/۹	۳/۹	۴/۴	۳/۴
Ba	۳۸۴	۱۷۳	۱۱۱۱	۹۱۲	۱۱۹۷	۱۳۳	۱۲۸	۱۳۵	۷۹	۳۹۲	۸۸۵	۵۰۵	۴۱۵	۸۱۹	۶۶۱	۷۳۴	۷۰۷	۵۴۸
Be	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۴	۱/۴	۱/۲	۱/۳	۱/۷	۱/۳	۱/۵	۱/۵	۱/۴	۱/۳
Bi	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۷۰	۰/۶۰	۰/۶۰	۱/۵	۱/۱	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۷/۸	۰/۴	۰/۴	۰/۷	۰/۷
Cd	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱	۰/۷	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲۱
Ce	۳۸	۳۶	۲۷	۳۵	۴۰	۲۷	۴۰	۳۰	۴۳	۴۲	۳۶	۴۶	۴۸	۳۹	۵۴	۵۸	۵۹	۳۸
Co	۱۹/۳۰	۲۰/۴	۶۶/۲	۲۱/۴	۱۲/۱	۲۱/۴	۱۸/۸	۱۹/۸	۱۶/۲	۱۸/۷	۱۷/۱	۱۵/۹	۲۲/۵	۲۴	۱۰/۷	۹/۵	۱۳/۵	۶۱
Cr	۷۲	۶۲	۷۲	۶۵	۴۸	۵۹	۵۲	۴۴	۳۷	۴۱	۵۳	۳۶	۲۸	۲۱	۱۰	۱۱	۱۱	۲۵
Cs	۴/۵	۵/۱	۳/۷	۵/۱	۷	۵/۶	۴/۸	۴/۱	۴/۸	۴/۵	۳/۸	۴/۲	۴/۶	۶	۲/۷	۲	۲/۲	۲/۲
Cu	۱۱۰	۱۰۸	۶۱	۸۷	۸	۱۰۶	۹۷۱	۱۰۲۵	۷۳۵	۱۲۵۱	۲۸۲۳	۳۶۷۳	۳۹۶	۲۰۱	۱۹۰	۵۱	۱۰۴۴	۵۳۵
Dy	۳/۴۲	۳/۰۸	۴/۰۱	۳/۶۵	۳/۴۲	۲/۳۵	۳/۷۶	۳/۰۳	۳/۳۸	۳/۳۵	۳/۱۶	۳/۶۱	۲/۸۷	۳	۳/۳	۳/۱۵	۳/۱۴	۲/۵۸
Er	۱/۷۴	۱/۶۱	۲/۰۲	۱/۹۳	۱/۷۱	۱/۲۲	۲	۱/۵۶	۱/۶۶	۱/۷۵	۱/۶۶	۱/۹	۱/۴۶	۱/۶۴	۱/۸۸	۱/۷۳	۱/۷۷	۱/۵۲
Eu	۱/۰۴	۰/۷۱	۰/۹۴	۰/۸۸	۰/۹۹	۰/۴۴	۰/۹۸	۰/۶۴	۰/۸۰	۰/۹۸	۰/۸۴	۰/۹	۰/۸۴	۰/۹	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۸۳	۰/۵۳
Gd	۳/۴۳	۲/۸۹	۳/۴۹	۳/۳۸	۳/۲۱	۱/۸۹	۳/۵۸	۲/۵۵	۳/۱۴	۳/۱۹	۲/۷	۳/۴۳	۲/۹۴	۲/۶۶	۲/۷۹	۲/۸۷	۲/۸۵	۱/۸۸
Hf	۱/۱۷	۱/۰۹	۱/۰۴	۱/۰۶	۰/۹۷	۰/۸۱	۱/۱۶	۰/۵۸	۰/۸۳	۱/۴۳	۱/۰۵	۱/۱۴	۰/۷۳	۱/۷۹	۳/۰۴	۲/۷۹	۲/۸۸	۲/۴۷
La	۱۹	۱۷	۱۳	۱۶	۱۸	۱۳	۱۹	۱۳	۲۱	۲۰	۱۷	۲۲	۲۳	۱۸	۲۶	۳۰	۳۰	۲۰
Li	۳۵	۳۰	۴۶	۴۳	۴۰	۴۳	۴۳	۳۴	۳۶	۳۵	۳۰	۳۵	۲۵	۲۲	۱۷	۱۴	۱۴	۱۶
Lu	۰/۲	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۴
Mo	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۷	۰/۴	۱	۰/۱	۰/۳	۳/۴	۳/۱	۳/۸	۵/۵
Nb	۹/۱	۱۰/۶	۱۰/۲	۱۰/۹	۱۰/۵	۱۲/۴	۱۱/۸	۱۱/۴	۱۳/۲	۱۱/۶	۱۰/۱	۱۳/۲	۱۳/۹	۹/۷	۱۳	۱۳/۵	۱۲/۹	۱۰/۲
Nd	۱۵/۶	۱۳/۸	۱۲/۲	۱۴/۵	۱۴/۸	۹/۵	۱۶/۷	۱۱/۱	۱۶/۳	۱۵/۶	۱۲/۴	۱۷/۱	۱۷/۴	۱۳	۱۵/۸	۱۶/۷	۱۶/۸	۱۰/۶
Ni	۲۳	۲۱	۲۵	۲۲	۱۹	۲۶	۲۸	۲۰	۱۵	۱۵	۲۲	۱۲	۱۱	۱۵	۶	۷	۸	۱۱
Pb	۲۸	۳۸	۳۴	۴۸	۲۵	۱۹	۶۴	۱۳۵	۱۷	۱۴	۲۲	۲۰	۲۱	۸۳	۲۶	۵۰	۲۰	۲۲
Pr	۳/۵۹	۳/۲۶	۲/۷۲	۳/۲۳	۳/۴۴	۲/۱۸	۳/۹۱	۲/۵۱	۴/۰۳	۳/۷	۲/۹۸	۴/۲۳	۴/۳۴	۳/۱۶	۴/۳۱	۴/۵۷	۴/۶	۲/۸۳
Rb	۶۸	۷۱	۳۸	۲۷	۵۷	۵۶	۴۱	۵۸	۲۹	۵۳	۶۲	۵۲	۹۲	۷۹	۱۰۴	۱۰۱	۱۰۲	۸۸
Sb	۳/۳	۲/۹	۲/۴	۴/۳	۳/۴	۲/۹	۳/۳	۲/۳	۶	۶/۵	۳/۳	۵/۴	۲/۳	۱/۷	۳/۲	۳/۲	۳/۸	۲/۶
Sc	۲۴/۱	۲۱/۸	۲۲/۷	۲۵/۲	۲۲/۶	۲۰	۲۴/۸	۱۹/۳	۱۹/۸	۲۰/۹	۱۹/۳	۱۰/۲	۱۶	۱۹	۱۰	۱۰/۳	۱۰/۳	۷/۷
Sm	۳/۶۹	۳/۱۷	۳/۳۱	۳/۶۱	۳/۶۳	۲/۲۳	۳/۸۷	۲/۷۱	۳/۵	۳/۴۴	۳/۱۲	۳/۸۴	۳/۶۶	۳/۱۱	۳/۳۳	۳/۴۴	۳/۴۸	۲/۲۸
Sn	۱/۳	۱/۳	۱/۳	۱/۲	۱/۳	۱/۱	۱/۲	۱/۹	۱/۸	۱/۵	۱/۲	۱/۷	۱/۶	۱/۲	۱	۱/۱	۱	۱
Sr	۷۳/۵	۶۱/۲	۴۴/۴	۹۱/۹	۱۱۵/۵	۸۰/۲	۷۴/۷	۸۲/۳	۱۵۱/۲	۱۹۸/۴	۱۴۰/۹	۱۰۹/۵	۴۸/۳	۲۰۶/۱	۱۳۴/۹	۱۵۸/۸	۱۳۴/۹	۷۵
Ta	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۶۶	۰/۷۳	۰/۷۴	۰/۷۰	۰/۷۹	۰/۷۴	۰/۶۳	۰/۷۷	۰/۸۱	۰/۶۵	۰/۸۶	۰/۹۸	۰/۸۸	۰/۶۵
Tb	۰/۵۸	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۶	۰/۵۷	۰/۴۲	۰/۶۲	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۴۴
Te	۰/۱	۰/۱	۰/۲۲	۰/۱	۰/۱	۰/۱۴	۰/۱	۰/۲۱	۰/۱	۰/۱۹	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱۳	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۵
Th	۲/۸۳	۳/۱	۲/۷۸	۳/۲۱	۲/۸۹	۳/۲۰	۳/۴۲	۳	۳/۷۲	۳/۷	۳/۴۲	۴/۶۳	۴/۳۹	۵/۴۵	۱۴/۳۶	۱۳/۶۹	۱۳/۴۵	۱۱/۴۶
Ti	۵۰۰۳	۴۷۹۳	۴۸۱۹	۵۲۲۰	۴۸۶۴	۴۹۷۴	۵۵۷۳	۴۷۱۷	۵۰۳۶	۵۰۹۹	۴۷۰۴	۵۰۹۲	۴۴۴۹	۴۳۹۸	۲۸۷۶	۲۸۳۴	۲۸۳۸	۲۴۲۷
Tl	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۲۰	۰/۱۴	۰/۳	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۴۳
Tm	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۶
U	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۸	۰/۸	۰/۷۵	۱	۰/۷	۰/۹	۱/۱	۱	۱/۱۱	۰/۹	۱/۶	۳/۸	۳/۷	۳/۶	۲/۹
V	۱۶۲	۱۵۵	۱۵۳	۱۶۵	۱۶۴	۱۶۰	۱۷۷	۱۴۳	۱۵۰	۱۷۷	۱۳۹	۱۴۰	۱۱۷	۱۵۰	۷۸	۸۰	۷۹	۶۸
W	۵/۵	۱۳/۲	۱۴/۴	۵/۶	۲/۸	۴/۳	۷/۵	۱۱/۴	۳/۸	۲/۳	۲/۶	۴/۸	۲۳/۷	۷	۳	۲/۶	۲/۶	۲۷/۸
Y	۱۸/۸	۱۸/۳	۲۱۲/۶	۱۹/۶	۱۹/۱	۱۴	۱۹/۸	۱۷/۵	۱۷/۹	۱۹	۱۷/۹	۱۹/۸	۱۷/۶	۱۷/۸	۱۹/۴	۱۹/۶	۱۹/۴	۱۷
Yb	۱/۳	۱/۲	۱/۶	۱/۶	۱/۴	۱/۱	۱/۷	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۴	۱/۶	۱/۲	۱/۵	۱/۸	۱/۷	۱/۷	۱/۵
Zn	۸۱	۷۱	۱۰۸	۱۰۶	۷۰	۷۶	۹۶	۱۰۶	۷۴	۵۹	۵۹	۷۰	۴۶	۱۸۴	۴۷	۴۸	۴۷	۳۹
Zr	۱۰۵	۱۱۲	۱۰۲	۱۱۴	۱۰۹	۸۱	۱۱۳	۱۱۶	۹۹	۱۱۵	۱۱۳	۱۲۶	۱۴۴	۱۰۴	۱۳۶	۱۴۱	۱۳۹	۹۹

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

ادامه جدول ۱

Sample	BH1-157-160	BH1-160-163	BH1-163-166	BH1-166-169	BH1-169-172	BH1-172-175	BH1-175-178	BH1-178-181	BH1-181-184	BH1-184-187	BH1-187-190	BH1-190-193	BH1-193-196	BH1-196-199	BH1-199-202	BH1-202-206	BH1-206-210	BH1-210-214
SiO_2	۵۹٫۴۳	۵۲٫۲۷	۵۳٫۴۵	۵۵٫۷۴	۶۳٫۸۶	۵۵٫۴۷	۵۳٫۷	۴۹٫۶۱	۵۰٫۳۵	۵۰٫۱۸	۵۰٫۱	۵۰٫۴	۵۱٫۰۸	۴۹٫۸۸	۴۹٫۶۴	۵۱٫۱۸	۵۱٫۵۵	۵۰٫۹۱
Al_2O_3	۱۲٫۴۴	۱۵٫۷۱	۱۵٫۵۸	۱۵٫۱۲	۱۴٫۹۱	۱۶٫۰۳	۱۶٫۱۴	۱۶٫۲۹	۱۷٫۰۲	۱۷٫۰۷	۱۶٫۵۱	۱۷٫۱۰	۱۶٫۴۴	۱۵٫۹	۱۵٫۸	۱۶٫۴۱	۱۶٫۵۶	۱۶٫۴
BaO	۰٫۰۷	۰٫۱	۰٫۰۸	۰٫۰۹	۰٫۰۷	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۷	۰٫۰۵	۰٫۰۵
CaO	۱٫۸۷	۲٫۰۶	۲٫۸۶	۱٫۹۶	۱٫۵۵	۳٫۵۵	۳٫۷۳	۴٫۹۱	۶٫۵۱	۶٫۸۱	۵٫۸۹	۷٫۰۷	۳٫۷۹	۶٫۲۹	۴٫۹۵	۶٫۷۲	۸٫۱۲	۷٫۵۲
Fe_2O_3	۱۱٫۹۱	۱۳٫۵۳	۱۱٫۸۱	۱۱٫۰۶	۶٫۲۶	۹٫۵۶	۱۰٫۰۴	۱۲٫۵۸	۱۰٫۰۳	۹٫۸۳	۱۱٫۰۴	۱۰٫۴	۱۲٫۱۵	۱۲٫۱۹	۱۲٫۰۸	۹٫۹۳	۹٫۴۶	۱۰٫۰۱
K_2O	۳٫۹۲	۴٫۷۵	۳٫۸۰	۴٫۲۴	۴٫۲۳	۳٫۹۳	۳٫۶۷	۲٫۸۹	۲٫۷۱	۲٫۸۱	۳٫۰۲	۲٫۴	۳٫۲۱	۲٫۴۲	۳٫۰۴	۲٫۵۷	۱٫۹۵	۲٫۱۹
MgO	۲٫۳۵	۴٫۰۵	۴٫۱۶	۴٫۵۳	۲٫۰۳	۴	۴٫۱۶	۴٫۹۴	۵٫۱۴	۵٫۱۱	۴٫۸۷	۴٫۵۸	۵٫۰۳	۴٫۷۵	۴٫۷۶	۴٫۸۷	۴٫۹۱	۴٫۵۷
MnO	۰٫۳۷	۰٫۵۹	۰٫۵۸	۰٫۵	۰٫۲۴	۰٫۵۲	۰٫۴۷	۰٫۶	۰٫۵۲	۰٫۵۱	۰٫۵۶	۰٫۴۹	۰٫۶۴	۰٫۶۴	۰٫۶	۰٫۴۷	۰٫۳۶	۰٫۴۶
Na_2O	۱٫۸۳	۱٫۲۱	۱٫۵۵	۱٫۸۵	۳٫۳۷	۲٫۳۸	۲٫۰۳	۲٫۰۵	۳٫۲۴	۲٫۹۴	۲٫۱۲	۲٫۴۷	۲٫۴۳	۱٫۷۳	۲٫۱۹	۲٫۶۸	۲٫۹۱	۲٫۶۹
P_2O_5	۰٫۱۲	۰٫۱۹	۰٫۱۸	۰٫۱۷	۰٫۱۱	۰٫۱۸	۰٫۲	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۰	۰٫۲۰	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۱	۰٫۲۳
SO_3	۱٫۵	۰٫۳۸	۰٫۶۴	۰٫۶۷	۰٫۲۳	۰٫۱۹	۰٫۳۷	۰٫۵۵	۰٫۱۵	۰٫۱۲	۰٫۴۵	۰٫۱۵	۰٫۰۹	۰٫۲۵	۰٫۱۷	۰٫۱۴	۰٫۱	۰٫۱۴
TiO_2	۰٫۴۸	۰٫۷۴	۰٫۷۴	۰٫۶۷	۰٫۵	۰٫۷۳	۰٫۷۷	۰٫۸۳	۰٫۹	۰٫۹	۰٫۸۲	۰٫۸۸	۰٫۹۲	۰٫۹۲	۰٫۸۹	۰٫۹۱	۰٫۸۹	۰٫۹۱
L.O.I	۳٫۷	۴٫۴۱	۴٫۵۷	۳٫۳۹	۲٫۶۴	۳٫۳۸	۴٫۶۳	۴٫۴۵	۳٫۱۴	۳٫۴۲	۴٫۳۳	۳٫۷۹	۳٫۹۳	۴٫۷۵	۵٫۵۹	۳٫۸۲	۲٫۹۳	۳٫۹۲
مجموع٪	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۹٫۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
Ag	۱٫۳	۰٫۶	۰٫۴۷	۰٫۴	۰٫۹	۰٫۷	۱٫۳	۰٫۷	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۷	۰٫۴	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۲	۰٫۵
As	۱٫۷	۴٫۳	۵٫۷	۵٫۶	۴٫۸	۲٫۳	۸٫۴	۶٫۲	۱۸٫۸	۱۹٫۲	۱۱٫۵	۱۴	۱۳٫۷	۱۵٫۸	۵	۱۴٫۷	۱۵٫۲	۱۴٫۸
Ba	۹۵۴	۹۵۵	۷۶۰	۷۴۸	۷۸۳	۶۲۲	۸۹۳	۶۵۵	۶۳۳	۷۵۱	۶۸۹	۵۳۰	۶۹۰	۵۰۳	۶۱۲	۶۰۲	۴۶۶	۴۶۱
Be	۱٫۱	۱٫۴	۱٫۷	۱٫۵	۱٫۴	۱٫۳	۱٫۵	۱٫۳	۱٫۱	۱٫۱	۱٫۲	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۳	۱٫۲	۱	۱٫۱
Bi	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۷	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۶	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۴	۰٫۶
Cd	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲۶	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۳	۰٫۴	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۲
Ce	۳۵	۳۲	۲۶	۳۲	۳۲	۵۵	۳۶	۲۷	۲۷	۲۸	۲۷	۲۶	۲۴	۲۵	۲۴	۲۷	۲۷	۲۷
Co	۳۹٫۹	۲۰٫۸	۲۶	۳۸٫۲	۲۰٫۳	۹٫۵	۱۹٫۴	۳۱٫۴	۲۸٫۳	۲۶٫۶	۲۸	۲۵٫۲	۲۳٫۳	۲۴٫۸	۲۸٫۷	۲۶٫۸	۲۶٫۳	۲۶
Cr	۱۵	۲۱	۴۵	۲۰	۱۹	۱۳	۱۸	۲۳	۴۳	۳۳	۲۴	۵۱	۲۵	۲۶	۲۴	۲۸	۲۶	۵۳
Cs	۳٫۳	۵٫۶	۴٫۴	۶٫۸	۴٫۴	۲٫۵	۴٫۳	۶٫۳	۷٫۲	۸	۵٫۲	۵٫۳	۳٫۹	۴٫۷	۵٫۲	۶٫۹	۶٫۵	۷٫۷
Cu	۱۴۱۱	۳۲۶	۶۷۱	۱۳۸	۱۴۹۳	۵۷۹	۳۴۱	۴۸۶	۱۰۰	۱۵۴	۴۶۳	۲۲۵	۲۴۱	۴۸۵	۲۵۳	۱۳۲	۹۷	۱۷۸
Dy	۲٫۶۶	۳٫۰۵	۳٫۲۹	۳٫۰۷	۲٫۹۵	۳٫۰۱	۳٫۰۲	۲٫۹۴	۲٫۹۶	۳٫۵۳	۳٫۱۶	۳٫۱۷	۳٫۱۱	۳٫۳	۳٫۱۵	۳٫۰۳	۳٫۰۶	۳٫۰۸
Er	۱٫۵۴	۱٫۶۶	۱٫۷۳	۱٫۷۱	۱٫۷۲	۱٫۷۶	۱٫۶۴	۱٫۶۵	۱٫۶۹	۲	۱٫۷۶	۱٫۸۱	۱٫۶۸	۱٫۸	۱٫۶۹	۱٫۷۶	۱٫۷۶	۱٫۷۵
Eu	۰٫۵۵	۰٫۷۸	۰٫۹۳	۰٫۸۳	۰٫۵۹	۰٫۶۳	۰٫۸۴	۰٫۹۹	۱٫۰۶	۱٫۳۶	۱٫۱	۱٫۱۵	۱٫۰۸	۱٫۱۹	۱٫۰۹	۰٫۹	۱٫۰۳	۱٫۰۴
Gd	۲٫۰۳	۲٫۵۷	۲٫۶۲	۲٫۶۹	۲٫۴۱	۲٫۵۷	۲٫۵۴	۲٫۱۸	۲٫۲	۲٫۹۴	۲٫۴۲	۲٫۴۱	۲٫۳۴	۲٫۷۸	۲٫۴۵	۲٫۴۳	۲٫۳۳	۲٫۴۵
Hf	۲٫۰۶	۱٫۶۴	۱٫۰۵	۱٫۷۷	۲٫۰۵	۳٫۴۱	۱٫۹۲	۱٫۳۶	۱٫۲	۱٫۴۹	۱٫۴۲	۱٫۴۹	۱٫۲	۰٫۹۶	۱٫۰۶	۱٫۲۵	۱٫۲۹	۱٫۳۵
La	۱۷	۱۶	۱۴	۱۶	۱۶	۲۶	۱۸	۱۴	۱۱۳	۱۴	۱۴	۱۳	۱۲	۱۲	۱۲	۱۳	۱۳	۱۳
Li	۲۲	۳۲	۴۰	۳۲	۳۱	۱۹	۲۵	۳۳	۲۷	۲۹	۳۳	۲۹	۳۱	۲۹	۲۹	۲۲	۱۷	۲۳
Lu	۰٫۲۲	۰٫۲	۰٫۱۸	۰٫۲۱	۰٫۲۳	۰٫۲۷	۰٫۲۳	۰٫۱۷	۰٫۱۹	۰٫۲۲	۰٫۲	۰٫۱۹	۰٫۱۵	۰٫۱۵	۰٫۱۷	۰٫۱۹	۰٫۱۸	۰٫۱۸
Mo	۳٫۳	۱	۰٫۹۱	۱٫۵	۲٫۸	۵٫۴	۱٫۸	۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Nb	۱۰٫۱	۷	۴٫۷	۷٫۳	۸٫۴	۱۱٫۵	۷٫۸	۵٫۵	۴٫۲	۴٫۹	۵٫۱	۴٫۸	۴٫۵	۴٫۳	۴٫۴	۴٫۴	۴٫۴	۴٫۶
Nd	۱۱٫۲	۱۰٫۹	۱۰٫۶	۱۱٫۹	۱۱	۱۴٫۷	۱۱٫۷	۹٫۹	۹٫۶	۱۲٫۵	۱۰٫۷	۱۰٫۶	۱۰٫۱	۱۰٫۷	۱۰	۱۰٫۱	۹٫۸	۱۰٫۴
Ni	۹	۱۵	۲۴	۱۵	۱۲	۷	۱۴	۱۷	۳۰	۲۴	۱۹	۳۱	۱۹	۱۹	۱۹	۲۰	۱۹	۲۹
Pb	۲۳	۲۷	۲۳	۳۲	۱۸	۱۶	۲۲۸	۹۴	۶۹	۴۵	۲۰	۱۶	۲۳	۳۴	۳۵	۳۹	۱۸	۱۹
Pr	۲٫۸۳	۲٫۶	۲٫۲۹	۲٫۷۹	۲٫۷۷	۴٫۰۶	۲٫۸۷	۱٫۹۶	۱٫۸۸	۲٫۵۵	۲٫۱۹	۲٫۱۶	۱٫۹۴	۲٫۱۳	۲٫۰۲	۱٫۹۸	۱٫۹۱	۲٫۰۱
Rb	۹۲	۹۳	۹۲	۹۷	۱۰۱	۶۶	۷۶	۵۸	۵۵	۷۸	۷۷	۶۵	۸۲	۶۳	۸۰	۶۳	۴۱	۵۱
Sb	۹٫۸	۴٫۱	۲٫۷	۵٫۹	۳	۳٫۲	۶٫۱	۵	۲٫۶	۵٫۸	۱۲٫۴	۶٫۷	۸٫۹	۲۳	۹٫۹	۵٫۲	۳٫۵	۶٫۱
Sc	۱۱٫۵	۲۰٫۱	۲۴٫۳	۱۹٫۷	۱۶٫۳	۱۰٫۷	۱۹٫۶	۲۳٫۶	۲۶٫۲	۲۶٫۵	۲۳٫۸	۲۵	۲۵٫۶	۲۴٫۸	۲۴٫۹	۲۵٫۴	۲۵٫۳	۲۵٫۷
Sm	۲٫۴۸	۲٫۸۱	۲٫۹۳	۲٫۸۶	۲٫۶	۳٫۰۷	۲٫۸۵	۲٫۷۵	۲٫۷	۳٫۴۹	۲٫۹۶	۲٫۹۳	۲٫۸۸	۳٫۰۱	۲٫۹	۲٫۸۱	۲٫۷۸	۲٫۸۶
Sn	۱٫۲	۱	۱	۱٫۱	۱	۱٫۱	۱	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۹	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۹	۰٫۹	۱٫۱	۰٫۹	۰٫۸	۰٫۸
Sr	۷۶٫۸	۱۶۸٫۵	۱۹۱	۱۹۶٫۲	۱۲۸٫۹	۱۱۸٫۸	۳۱۲٫۹	۳۰۰٫۵	۴۹۸	۴۹۸	۴۳۶٫۶	۴۲۶٫۲	۳۶۹٫۷	۴۵۴٫۵	۲۵۸٫۸	۴۴۰٫۳	۴۹۳٫۶	۵۱۰٫۳
Ta	۰٫۷۹	۰٫۵۹	۰٫۴۶	۰٫۶۱	۰٫۶۴	۰٫۸	۰٫۵۹	۰٫۵۳	۰٫۴	۰٫۴۲	۰٫۴۵	۰٫۴۴	۰٫۴۴	۰٫۳۹	۰٫۴۲	۰٫۳۹	۰٫۴۰	۰٫۴۱
Tb	۰٫۴۵	۰٫۵۲	۰٫۵۶	۰٫۵۳	۰٫۴۹	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۴۶	۰٫۴۶	۰٫۵۶	۰٫۵	۰٫۵	۰٫۴۹	۰٫۵۴	۰٫۵	۰٫۴۹	۰٫۴۸	۰٫۵
Te	۰٫۲۱	۰٫۱۵	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱۱	۰٫۱۲	۰٫۱	۰٫۱۲	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱۲	۰٫۱
Th	۹٫۰۳	۴٫۵۱	۱٫۶۳	۴٫۸۴	۷٫۲۴	۱۳٫۳۳	۵٫۶۸	۲٫۱۵	۱٫۳۲	۲٫۱۹	۲٫۵۶	۲٫۱۱	۱٫۵۳	۱٫۱۳	۱٫۲۵	۱٫۵۶	۱٫۴۹	۱٫۵۶
Ti	۲۸۳۷	۴۳۷۷	۴۹۵۰	۴۲۲۷	۳۹۱۹	۲۹۶۶	۴۳۵۷	۴۸۳۲	۵۱۱۴	۵۲۳۹	۴۸۱۸	۴۹۳۹	۵۰۳۴	۵۰۵۴	۴۹۹۴	۵۰۷۵	۵۰۲۷	۵۱۷۰
Tl	۰٫۴۹	۰٫۶۸	۰٫۵۷	۰٫۶۱	۰٫۵۹	۰٫۴۷	۰٫۵۱	۰٫۴۷	۰٫۳۹	۰٫۴۹	۰٫۴۵	۰٫۳۵	۰٫۴۹	۰٫۳۹	۰٫۵	۰٫۳۸	۰٫۲۵	۰٫۲۹
Tm	۰٫۲۶	۰٫۲۷	۰٫۲۷	۰٫۲۸	۰٫۲۸	۰٫۳۱	۰٫۲۸	۰٫۲۹	۰٫۳	۰٫۳۴	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۳۲	۰٫۳۱	۰٫۳
U	۲٫۲۷	۱٫۴	۰٫۷	۱٫۵	۱٫۹	۳٫۶	۱٫۶۹	۰٫۹	۰٫۶	۰٫۹	۱	۰٫۹	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۷۲	۰٫۷
V	۹۵	۱۶۲	۲۱۶	۱۶۰	۱۳۶	۸۲	۱۶۰	۱۹۱	۲۰۱	۲۰۶	۱۹۲	۱۹۸	۲۰۳	۲۰۲	۲۰۰	۲۰۱	۲۰۲	۲۰۳
W	۲۴٫۳	۹٫۱	۸٫۶	۴٫۸	۴٫۲	۲٫۹	۱٫۷	۷٫۸	۱٫۳	۱٫۲	۳٫۳	۱٫۷	۲٫۷	۳٫۵	۵٫۹	۰٫۳	۰٫۹	۱٫۲
Y	۱۵٫۸	۱۷٫۷	۱۸	۱۷٫۱	۱۶٫۱	۱۸٫۸	۱۷٫۸	۱۶٫۲	۱۶٫۵	۱۶٫۶	۱۶	۱۵٫۹	۱۵٫۸	۱۶٫۱	۱۶٫۱	۱۶٫۳	۱۶٫۱	۱۶٫۴
Yb	۱٫۵	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۵	۱٫۸	۱٫۵	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۶	۱٫۴	۱٫۴	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۴	۱٫۴
Zn	۶۴	۱۰۷	۱۱۳	۱۱۱	۹۳	۴۳	۹۰	۲۱۰	۱۸۶	۱۶۱	۱۲۵	۱۰۰	۱۲۴	۱۱۷	۱۲۵	۱۲۴	۸۴	۱۰۰
Zr	۱۰۱	۸۴	۴۷	۸۲	۸۳	۱۴۸	۹۳	۶۳	۵۲	۵۲	۶۱	۵۸	۵۴	۳۷	۴۹	۵۴	۵۴	۵۳

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

ادامه جدول ۱

Sample	BH1-214-218	BH1-218-222	BH1-222-226	BH1-226-230	BH1-230-234	BH1-234-238	BH1-238-242	BH1-242-246	BH1-246-250	BH1-250-254	BH1-254-258	BH1-258-262	BH1-262-266	BH1-266-270	BH1-270-274	BH1-274-278	BH1-278-282	BH1-282-286
SiO_2	۴۹٫۲۶	۴۸٫۸۹	۴۸٫۶۳	۵۰٫۱۳	۴۹٫۹۱	۵۱٫۰۷	۵۰٫۴	۴۹٫۴۴	۵۰٫۴۸	۴۹٫۳۶	۴۸٫۷۱	۴۹٫۸۴	۵۰٫۴۵	۵۰٫۰۵	۴۹٫۲۶	۵۴٫۱۳	۵۹٫۸۵	۶۰٫۶۶
Al_2O_3	۱۵٫۷۶	۱۶٫۱	۱۶٫۰۷	۱۶٫۲۲	۱۶٫۰۶	۱۶٫۲۳	۱۶٫۳۳	۱۵٫۹۹	۱۶٫۴	۱۶٫۰۶	۱۵٫۹۸	۱۶٫۰۸	۱۶٫۱۵	۱۶٫۴۲	۱۵٫۸۲	۱۵٫۵	۱۵٫۰۳	۱۴٫۷۹
BaO	۰٫۱	۰٫۰۷	۰٫۰۵	۰٫۰۸	۰٫۰۶	۰٫۰۸	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۰۶	۰٫۰۵	۰٫۰۶	۰٫۰۶	۰٫۰۷	۰٫۱۱	۰٫۱	۰٫۱۱	۰٫۱۱
CaO	۲٫۵۱	۲٫۱۴	۷٫۰۲	۲٫۶۸	۶٫۳۲	۳٫۱۲	۵٫۶۶	۶٫۲۱	۴٫۹۳	۳٫۱	۷٫۳۷	۷٫۱۲	۷٫۰۶	۵٫۸۲	۲٫۳۳	۳٫۸	۳٫۲۱	۲٫۷۵
Fe_2O_3	۱۵٫۲۶	۱۵٫۲۹	۱۲٫۱۷	۱۳٫۵۸	۱۰٫۵	۱۳٫۱۳	۱۱٫۷۸	۱۳٫۱	۱۲٫۱۹	۱۴	۹٫۷۷	۹٫۲۴	۹٫۳۷	۱۰٫۲۹	۱۳٫۸۸	۹٫۵۱	۶٫۵۴	۵٫۹
K_2O	۳٫۸۷	۳٫۰۳	۱٫۴۶	۳٫۴	۲٫۲۱	۳٫۴۲	۲٫۶۳	۲٫۲۸	۲٫۷	۲٫۵۸	۲	۲٫۱۷	۲٫۰۳	۲٫۸۸	۵٫۱۵	۵٫۲۶	۵٫۸	۵٫۱۱
MgO	۴٫۸۳	۵٫۳۹	۴٫۴۸	۵٫۲۵	۴٫۹۳	۴٫۹۲	۴٫۸۸	۴٫۸۸	۴٫۸۲	۴٫۹۶	۴٫۶۳	۵٫۰۸	۵٫۰۹	۴٫۹۲	۴٫۷۸	۳٫۶۳	۱٫۷۸	۱٫۴۵
MnO	۰٫۵۳	۰٫۵۶	۰٫۵۳	۰٫۴۹	۰٫۴۱	۰٫۵۷	۰٫۷	۰٫۶۹	۰٫۶۶	۰٫۵۵	۰٫۳۸	۰٫۳۳	۰٫۴۳	۰٫۴۴	۰٫۴۲	۰٫۳۲	۰٫۲۴	۰٫۲۱
Na_2O	۱٫۳۳	۱٫۲۴	۱٫۵۷	۱٫۷۵	۲٫۲۳	۱٫۷۴	۱٫۸۶	۱٫۵۷	۲٫۱۶	۲٫۵۹	۲٫۶۸	۳٫۳۱	۳٫۳۲	۳٫۰۳	۱٫۳۶	۱٫۰۵	۱٫۵۹	۳٫۱۲
P_2O_5	۰٫۲۴	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۳	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۲	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۲۳	۰٫۲۳	۰٫۲۱	۰٫۲۲	۰٫۲۴
SO_3	۰٫۴۶	۰٫۶۹	۰٫۳۲	۰٫۱۴	۰٫۱۴	۰٫۱۹	۰٫۱۴	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۷۶	۰٫۹	۰٫۶۳	۰٫۶۸	۰٫۶۱	۳٫۰۳	۲٫۱	۰٫۸۶	۱٫۱۳
TiO_2	۰٫۸۴	۰٫۹۱	۰٫۹۱	۰٫۹۴	۰٫۹۱	۰٫۹	۰٫۸۹	۰٫۹۲	۰٫۹	۰٫۹۲	۰٫۸۶	۰٫۸۸	۰٫۸۷	۰٫۸۹	۰٫۸۹	۰٫۸۴	۰٫۸۱	۰٫۷۸
L.O.I	۵	۵٫۴۶	۶٫۵۷	۵٫۱۲	۶٫۱	۴٫۴	۴٫۴۳	۴٫۲۹	۴٫۱۳	۴٫۸۳	۶٫۴۴	۵٫۰۴	۴٫۲۶	۴٫۳۵	۲٫۷۴	۲٫۵۴	۲٫۹۶	۳٫۷۴
مجموع٪	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۹٫۹۹	۱۰۰	۹۹٫۹۹
Ag	۰٫۴۷	۰٫۵	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۳	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۴	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۲	<۰٫۱	۰٫۴	۰٫۴	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۴	۰٫۳۱
As	۵٫۷	۴٫۳	۱۳٫۲	۴٫۵	۵٫۶	۷	۱۱٫۳	۱۵٫۳	۱۱٫۴	۶٫۲	۴٫۲	۹٫۲	۱۹٫۶	۱۳٫۲	۷٫۲	۹٫۹	۶	۶٫۱
Ba	۷۶۰	۱۲۲۲	۳۶۸	۲۷۰۶	۵۴۰	۱۱۷۵	۵۹۰	۴۷۶	۶۲۷	۵۲۵	۴۵۲	۵۳۸	۴۶۹	۶۰۳	۸۳۸	۸۶۹	۹۸۷	۸۷۳
Be	۱٫۷	۱٫۵	۱٫۵	۱٫۵	۱٫۴	۱٫۶	۱٫۴	۱٫۵	۱٫۶	۱٫۶	۱٫۲	۱	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۴	۱٫۸	۲٫۳
Bi	۰٫۵	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۵	۰٫۷	۱	۱٫۱	۰٫۸	۰٫۵	۰٫۴	۰٫۵	۰٫۶	۲	۱٫۳	۰٫۶	۰٫۷
Cd	۰٫۲۶	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۲	۰٫۱	۰٫۶	۰٫۲	۰٫۸	۰٫۱	۰٫۶	۰٫۳	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۲	۰٫۲۷
Ce	۲۶	۲۵	۲۹	۲۴	۲۸	۲۶	۲۸	۲۷	۲۶	۲۶	۲۶	۲۴	۲۵	۲۶	۲۳	۴۰	۶۴	۶۳
Co	۲۶	۳۳٫۱	۲۶٫۶	۲۲٫۶	۲۴٫۸	۲۱٫۴	۲۵٫۳	۲۹٫۸	۲۸٫۴	۳۰٫۹	۲۶٫۲	۲۵٫۶	۲۷٫۲	۳۰	۵۸٫۵	۲۵٫۴	۱۰٫۶	۱۴
Cr	۴۵	۲۵	۲۶	۲۹	۲۹	۳۰	۲۴	۲۴	۲۵	۳۰	۲۶	۳۱	۳۰	۳۲	۴۲	۲۶	۱۴	۱۵
Cs	۴٫۴	۴٫۳	۶٫۹	۳٫۲	۵٫۹	۴٫۵	۳٫۸	۳٫۹	۳٫۲	۴٫۱	۶٫۲	۵٫۹	۳٫۶	۳٫۱	۳٫۱	۳٫۳	۴٫۳	۴٫۶
Cu	۶۷۱	۱۳۱	۸۰	۱۱۲	۱۵۴	۲۱۳	۱۲۸	۱۰۲	۴۱۴	۴۵۴	۱۲۸	۱۳۶	۱۰۸	۱۰۰	۸۷	۲۷۹	۳۷۴	۴۰
Dy	۳٫۲۹	۳٫۱۶	۳٫۲۵	۲٫۷۵	۳٫۱۳	۲٫۹۷	۳٫۱۲	۳٫۱۳	۲٫۹۴	۳٫۲۱	۳٫۳۴	۳٫۰۳	۲٫۹۹	۳٫۱۲	۲٫۷۹	۳٫۷	۴٫۳۹	۴٫۱۷
Er	۱٫۷۳	۱٫۷۸	۱٫۷۳	۱٫۴۷	۱٫۷۳	۱٫۶۹	۱٫۷۲	۱٫۶۴	۱٫۷۲	۱٫۷	۱٫۸۲	۱٫۷۲	۱٫۷۳	۱٫۷	۱٫۵۳	۲٫۰۴	۲٫۵۷	۲٫۳۸
Eu	۰٫۹۳	۰٫۹۷	۱٫۰۵	۱٫۱۲	۱٫۱۱	۰٫۹۷	۰٫۹۹	۱٫۰۷	۱٫۰۹	۱٫۲۶	۱٫۰۹	۱	۱٫۰۴	۱٫۰۲	۱٫۱	۱٫۱۴	۱٫۲۳	۱٫۰۵
Gd	۲٫۹۲	۲٫۳۷	۲٫۸۲	۲	۲٫۵۶	۲٫۱۳	۲٫۵۳	۲٫۴۹	۲٫۴۱	۲٫۸۵	۲٫۶۹	۲٫۲۶	۲٫۲۸	۲٫۴۳	۲٫۲۱	۳٫۱۳	۴٫۲۶	۳٫۶۳
Hf	۱٫۰۵	۱٫۱	۱٫۰۱	۰٫۸۹	۱٫۰۶	۱٫۲۵	۱٫۲۲	۰٫۹۹	۱٫۱۳	۰٫۸۳	۰٫۹۱	۰٫۹۳	۰٫۹۵	۱٫۱	۰٫۹۴	۱۹٫۱	۱٫۹۵	۲٫۰۹
La	۱۴	۱۳	۱۵	۱۲	۱۴	۱۳	۱۳	۱۴	۱۳	۱۴	۱۳	۱۲	۱۲	۱۳	۱۲	۲۰	۳۱	۳۱
Li	۴۰	۵۵	۴۰	۴۰	۳۲	۳۷	۲۹	۲۹	۳۱	۴۱	۳۳	۲۶	۲۲	۲۵	۳۹	۲۲	۵	۱۶
Lu	۰٫۱۸	۰٫۱۶	۰٫۱۵	۰٫۱۲	۰٫۱۶	۰٫۱۵	۰٫۷	۰٫۱۶	۰٫۱۵	۰٫۱۵	۰٫۱۸	۰٫۱۸	۰٫۱۶	۰٫۱۶	۰٫۱۳	۰٫۲	۰٫۲۶	۰٫۲۶
Mo	۰٫۹۱	۰٫۹	۰٫۴	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۴	۰٫۷	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۱٫۲	۳۴٫۴	۲٫۳	۱٫۲۷
Nb	۴٫۷	۴٫۲	۴	۳٫۸	۳٫۹	۴	۴٫۵	۳٫۵	۴٫۴	۳٫۷	۳٫۹	۳٫۹	۴٫۱	۴	۴٫۵	۸	۱۵٫۱	۱۲٫۸
Nd	۱۰٫۶	۹٫۳	۱۰٫۵	۸٫۸	۱۰٫۴	۹٫۴	۱۰٫۵	۱۰٫۴	۹٫۷	۱۰٫۵	۱۰٫۴	۹٫۵	۹٫۷	۹٫۹	۹٫۳	۱۵	۲۱٫۳	۱۹
Ni	۲۴	۲۰	۱۹	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۸	۱۹	۲۰	۱۹	۲۰	۲۰	۱۹	۲۱	۱۳	۵	۶
Pb	۲۳	۳۱	۲۶	۴۵	۸۵	۷۲	۴۳	۲۷	۹۱	۸۹	۱۰۴	۲۰	۷۴	۵۳	۲۵	۱۸	۳۱	۲۰
Pr	۲٫۲۹	۱٫۸۲	۲٫۲	۱٫۶۳	۲٫۰۷	۱٫۸۱	۲٫۰۴	۲٫۰۲	۱٫۹۵	۲٫۰۹	۱٫۹۹	۱٫۷۶	۱٫۸۲	۲	۱٫۸۶	۳٫۳۹	۵٫۲۵	۴٫۶۹
Rb	۹۲	۸۱	۴۳	۸۰	۵۲	۷۹	۶۴	۵۵	۶۵	۶۸	۵۴	۴۹	۷	۶۸	۱۰۶	۱۱۷	۱۲۸	۱۲۲
Sb	۲٫۷	۴	۱۵٫۵	۶٫۴	۴٫۶	۴٫۱	۱۳٫۳	۲۱٫۴	۱۵٫۱	۷٫۲	۱٫۲	۱٫۸	۸٫۷	۷٫۱	۴٫۳	۶٫۲	۶٫۹	۴٫۳
Sc	۲۴٫۳	۲۶٫۲	۲۶٫۲	۲۷٫۷	۲۶٫۹	۲۶٫۶	۲۵٫۸	۲۶٫۴	۲۵٫۸	۲۶٫۴	۲۵٫۷	۲۵٫۵	۲۶٫۶	۲۵٫۷	۲۵٫۴	۲۰٫۱	۱۳٫۶	۱۲٫۲
Sm	۲٫۹۳	۲٫۸۸	۲٫۹۸	۲٫۸۶	۲٫۹۸	۲٫۸	۲٫۹۵	۲٫۸۳	۲٫۸	۳٫۰۸	۲٫۹۵	۲٫۷۸	۲٫۶۹	۲٫۸۴	۲٫۶۹	۳٫۹۶	۴٫۸۴	۴٫۴
Sn	۱	۰٫۹	۱٫۳	۱٫۱	۱٫۵	۰٫۹	۰٫۹	۱	۰٫۸	۰٫۸	۰٫۹	۱	۱	۰٫۹	۱	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۴
Sr	۱۹۱	۱۶۷٫۵	۴۱۷٫۱	۲۵۷٫۷	۳۵۶٫۹	۲۸۵٫۷	۴۲۹٫۴	۴۷۴٫۶	۳۶۱٫۲	۲۲۴٫۸	۳۰۲٫۳	۴۴۴	۵۳۷٫۷	۴۰۶٫۶	۱۴۹٫۴	۲۷۲٫۳	۲۱۸٫۸	۱۷۵
Ta	۰٫۴۶	۰٫۳۷	۰٫۳۵	۰٫۳۲	۰٫۳۶	۰٫۳۶	۰٫۳۸	۰٫۳۳	۰٫۳۶	۰٫۳۸	۰٫۳۵	۰٫۳۴	۰٫۳۶	۰٫۳۱	۰٫۳۹	۰٫۵۸	۰٫۹	۰٫۶۴
Tb	۰٫۵۶	۰٫۵۱	۰٫۵۵	۰٫۴۵	۰٫۵۱	۰٫۴۷	۰٫۵۳	۰٫۵	۰٫۴۹	۰٫۵۳	۰٫۵۵	۰٫۴۹	۰٫۴۸	۰٫۴۹	۰٫۴۷	۰٫۵۹	۰٫۷۲	۰٫۶۶
Te	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱۳	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱	۰٫۱
Th	۱٫۶۳	۱٫۴۷	۱٫۰۸	۰٫۹۱	۱٫۰۱	۱٫۴۹	۱٫۶۹	۱٫۲۴	۱٫۳۹	۰٫۹۴	۰٫۸۷	۱٫۰۶	۱٫۱۲	۱٫۳۱	۰٫۸۴	۳٫۴۸	۶٫۵۵	۶٫۱۵
Ti	۴۹۵۰	۵۰۵۵	۵۳۴۲	۵۲۸۵	۵۲۴۷	۵۲۶۳	۵۱۷۷	۵۲۰۵	۵۰۹۳	۵۱۵۰	۴۹۶۵	۵۰۴۹	۵۰۵۵	۵۱۲۳	۴۹۹۵	۴۸۳۳	۴۸۳۴	۴۸۶۵
Tl	۰٫۵۷	۰٫۴۵	۰٫۲	۰٫۴۶	۰٫۳۱	۰٫۴۸	۰٫۴۴	۰٫۳۶	۰٫۳۹	۰٫۳۷	۰٫۲۷	۰٫۲۸	۰٫۲۷	۰٫۳۹	۰٫۶۹	۰٫۶۲	۰٫۶۱	۰٫۵۷
Tm	۰٫۲۷	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۲۷	۰٫۳۱	۰٫۲۹	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۳۰	۰٫۳۰	۰٫۳۳	۰٫۲	۰٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۲۸	۰٫۳۵	۰٫۴۲	۰٫۴
U	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۵۸	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۸	۰٫۷	۰٫۷	۰٫۶	۰٫۶	۰٫۵۸	۰٫۶	۰٫۷	۰٫۶	۱٫۲	۲	۱٫۹
V	۲۱۶	۲۰۴	۲۰۶	۲۱۷	۲۱۳	۲۰۹	۲۰۶	۲۱۰	۲۰۳	۲۰۷	۲۰۱	۲۰۰	۲۰۱	۱۹۸	۱۸۴	۱۴۵	۸۹	۹۲
W	۸٫۶	۵٫۵	۶٫۴	۹٫۴	۴٫۹	۵	۱٫۸	۱٫۸	۲	۵٫۱	۱٫۱	۰٫۹	۰٫۹	۳٫۱	۹٫۱	۳٫	۲٫۶	۳٫۶
Y	۱۸	۱۷٫۲	۱۷٫۹	۱۵٫۵	۱۷٫۷	۱۶٫۸	۱۷٫۱	۱۶٫۸	۱۶٫۸	۱۷٫۶	۱۷٫۳	۱۵٫۷	۱۶٫۳	۱۶٫۴	۱۵	۱۹٫۵	۲۴٫۴	۲۷
Yb	۱٫۴	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۱	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۲	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۳	۱٫۱	۱٫۵	۱٫۹	۱٫۸
Zn	۱۱۳	۱۱۴	۸۳	۱۲۲	۱۳۳	۱۴۷	۱۱۴	۸۶	۲۱۱	۷۴	۲۷۵	۱۰۳	۱۹۰	۱۳۵	۹۴	۷۵	۶۲	۴۶
Zr	۴۷	۵۱	۴۸	۴۸	۵۲	۵۸	۵۵	۵۱	۵۴	۴۴	۴۲	۴۱	۴۲	۵۰	۵۳	۸۰	۱۳۳	۹۶

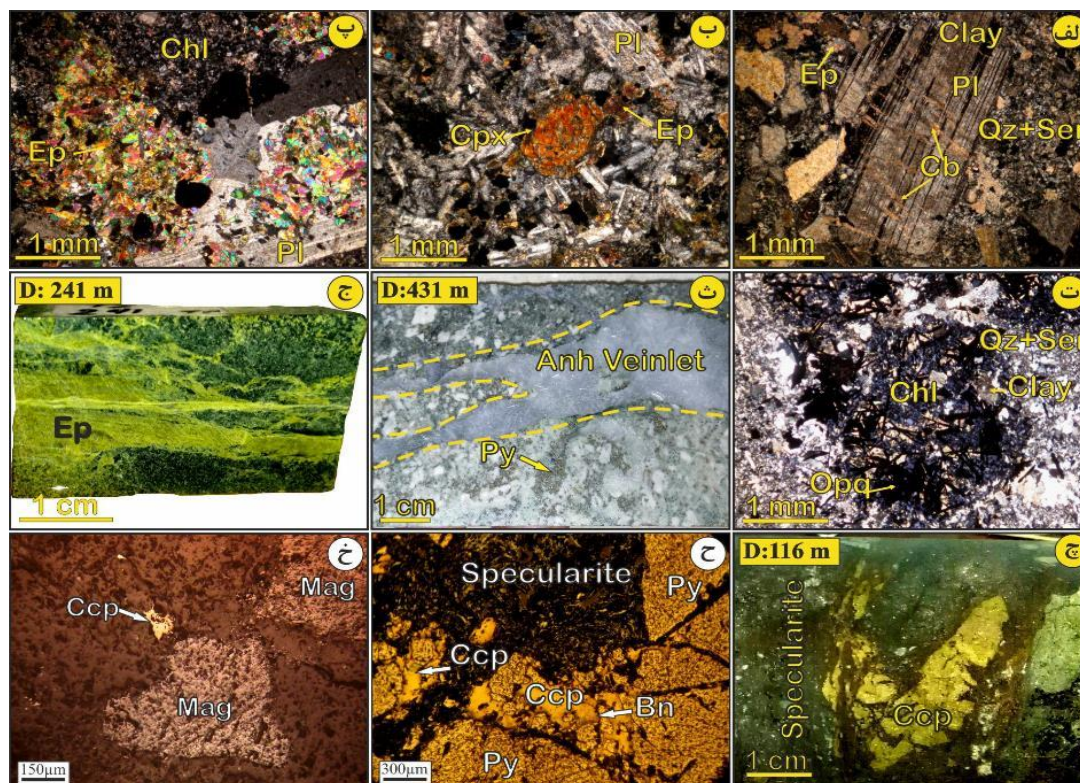
[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

Sample	BH1-286-290	**BH1-290-294	BH1-294-298	BH1-298-304	BH1-5-400-410	BH1-400-410	BH1-5-410-420	BH1-410-420	BH1-5-420-430	BH1-420-430	BH1-5-430-440	BH1-430-440	BH1-5-440-450	BH1-440-450	BH1-5-5450-460	BH1-450-460	BH1-5-460-470	BH1-460-470
SiO_2	۶۱/۸۱	۶۰/۸۹	۶۳/۸۴	۶۱/۶۶	۵۸/۰۲	۵۹/۰۲	۵۸/۵۱	۵۹/۵۱	۵۳/۹۶	۵۴/۹۶	۵۴/۳	۵۶/۳	۵۴/۹۷	۵۶/۹۷	۶۱/۳۳	۶۱/۳۳	۶۱/۶۶	۶۱/۶۶
Al_2O_3	۱۵/۲۱	۱۴/۸۴	۱۴/۴۲	۱۴/۴۹	۱۴/۳۶	۱۴/۹۶	۱۴/۵۸	۱۵/۵۲	۱۴/۲۱	۱۳/۵۷	۱۵/۲	۱۴/۶۶	۱۵/۱	۱۳/۸۶	۱۴/۲۲	۱۴/۲۲	۱۴/۵۱	۱۳/۴۳
BaO	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۷
CaO	۲/۹۳	۳/۶	۲/۷۸	۳/۷۷	۳/۷۸	۴/۴۱	۴/۱۱	۴/۲۷	۵/۷۸	۵/۴۶	۴/۸۶	۴/۶۵	۴/۵۴	۵/۱۵	۳/۲۵	۳/۵۵	۳/۲۱	۴/۳۲
Fe_2O_3	۵/۳	۵/۳۴	۴/۶۹	۵/۲۶	۵/۱۱	۴/۸۵	۴/۶۹	۵/۶۱	۴/۲۴	۴/۲۴	۴/۴	۴/۱	۴/۱۶	۴/۱۷	۵/۱	۴/۸۵	۵/۶۴	۵/۲
K_2O	۵/۱۱	۴/۵۵	۴/۶۲	۴/۴	۱/۱۵	۲/۱۱	۱/۷۶	۱/۸	۱/۷۱	۲/۴۹	۱/۴۹	۲/۶۲	۲/۱۴	۳/۰۸	۲/۲	۲/۴۸	۳/۷۴	۴/۲۷
MgO	۱/۳۵	۱/۶۵	۱/۴۱	۱/۷۹	۲/۵۹	۲/۲	۱/۸	۲/۱	۱/۷۷	۱/۶۷	۱/۵۴	۱/۳۸	۱/۳۱	۰/۹۹	۲/۰۶	۱/۹۴	۱/۸۳	۱/۷
MnO	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۰۹
Na_2O	۲/۷۳	۳/۰۱	۲/۴۵	۲/۹۳	۴/۷۲	۳/۴	۴/۲	۳/۴۷	۴/۶	۴/۶۷	۵/۳۳	۵/۸۸	۴/۱۶	۴/۵۶	۳/۹۲	۴/۱	۳/۲۱	۳/۱۷
P_2O_5	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۶
SO_3	۱/۵	۱/۹	۲/۴	۱/۷۷	۸/۱۶	۶/۱۶	۷/۹۴	۵/۹۴	۱۰/۶۸	۹/۶۸	۹/۷	۷/۷	۱۰/۴۷	۷/۴۶	۵/۲۷	۵/۲۷	۱/۲۱	۱/۲۲
TiO_2	۰/۸۳	۰/۸۱	۰/۸	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۸۱	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۷۸	۰/۸۸	۰/۸۳	۰/۸۹	۰/۸۵	۰/۷۹	۰/۸	۰/۸۲	۰/۸
L.O.I	۲/۷۵	۲/۹۲	۲/۰۹	۲/۶۸	۰/۹۵	۱/۶۶	۱/۲۵	۰/۵۶	۱/۹۵	۲/۱۲	۱/۹۵	۱/۵	۱/۹۱	۲/۵۴	۱/۴۷	۱/۰۷	۳/۷	۳/۸۲
مجموع٪	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۹۹	۹۹/۹۹	۱۰۰	۹۹/۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۹۹	۱۰۰	۹۹/۹۹	۹۹/۹۸	۹۹/۹۸	۹۹/۹۹	۱۰۰
Ag	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۲۷	۰/۵
As	۶/۵	۴/۴	۴/۳	۶/۱	۳	۶/۲	۱/۵	۱۰/۴	۳/۹	۷/۸	۳/۴	۶/۳	۴/۳	۱۱/۹	۱۱	۱۱/۱	۶	۱۲/۲
Ba	۹۵۹	۸۹۳	۸۱۶	۷۵۱	۱۵۳	۲۸۷	۲۵۶	۳۶۶	۱۹۰	۱۹۲	۱۶۷	۱۹۹	۱۴۴	۲۶۵	۳۶۹	۵۱۸	۶۱۹	۵۹۵
Be	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۱/۹	۲/۳	۳/۹	۲/۲	۲/۷	۳/۵	۲/۸	۲/۱	۲/۴	۲/۲	۲/۷	۲	۱/۹	۲/۵	۱/۷
Bi	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۵	۰/۹	۰/۱	۰/۸	۱/۱	۰/۸	۰/۴	۱/۱	۰/۷	۰/۸	۰/۵	۰/۸	۰/۱	۰/۵	۰/۱
Cd	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۳۴	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۲۶	۰/۱
Ce	۶۶	۶۲	۶۰	۶۵	۷۵	۷۱	۶۷	۷۶	۶۰	۶۸	۶۳	۶۰	۶۹	۶۰	۶۱	۵۹	۶۴	۵۹
Co	۱۲/۷	۱۲/۳	۱۱/۴	۱۰/۱	۱۴/۵	۱۲/۹	۱۳/۵	۲۰/۱	۱۴	۱۵/۴	۱۶/۳	۱۵/۲	۱۴/۹	۱۷/۱	۱۱/۳	۱۰/۴	۹	۱۰/۷
Cr	۱۵	۱۴	۲۰	۱۷	۱۲	۱۸	۱۱	۱۳	۱۲	۹	۱۳	۱۱	۱۳	۱۲	۱۳	۱۰	۱۷	۱۹
Cs	۴/۲	۴/۱	۵/۴	۳/۸	۲/۷	۴/۳	۳/۶	۹	۲/۸	۴/۱	۲/۶	۴	۴/۳	۷/۳	۳/۴	۵/۲	۳/۸	۶/۷
Cu	۵۷	۲۹	۵۱	۴۱	۲۸	۱۸	۳۳	۱۹۷	۲۸	۴۵	۹۰	۱۱۴	۴۹	۳۶	۵۰	۱۱۲	۵۳	۱۱۱
Dy	۴/۴۳	۴/۰۱	۴/۱۸	۴/۲۸	۴/۳۱	۵/۶۱	۴/۰۸	۷/۱۹	۳/۹۶	۶/۰۶	۴/۳۱	۵/۸۳	۳/۹۶	۵/۸۶	۴/۱۹	۵/۸۹	۴/۱	۶/۲۶
Er	۲/۴۳	۲/۲۸	۲/۲۹	۲/۴۵	۲/۲۱	۲/۷۱	۲/۰۹	۴/۱۴	۱/۸۷	۲/۹۹	۲/۰۸	۲/۷۷	۱/۹۹	۲/۹	۲/۱۶	۳/۱	۲/۱۸	۳/۳۵
Eu	۱/۱۶	۱/۰۷	۱/۰۸	۱/۱۷	۱/۰۲	۱/۷۹	۱/۰۱	۱/۹۲	۱/۰۴	۱/۸۳	۱/۱۳	۱/۵۶	۱/۰۳	۱/۶۹	۱/۰۴	۱/۵۶	۱/۰۹	۱/۷۲
Gd	۴/۰۴	۳/۷۵	۳/۸۳	۴/۰۴	۴/۴۴	۶/۱۹	۴/۰۵	۷/۲۹	۴/۱۴	۶/۵۳	۵/۰۲	۶/۴۴	۴/۲۱	۶/۲۷	۳/۹۷	۶	۳/۷۷	۶/۳
Hf	۲/۴۸	۲/۳۱	۲/۷۴	۲/۹۲	۲/۲۸	۲/۷۵	۱/۶۲	۵/۳۷	۰/۶۹	۲/۶۳	۰/۷۲	۲/۴۴	۱/۵۱	۳/۰۳	۱/۹	۴/۰۱	۲/۲	۴/۰۸
La	۳۱	۲۹	۲۸	۳۱	۳۴	۳۶	۳۱	۳۹	۳۳	۳۶	۳۱	۳۰	۳۱	۳۱	۲۹	۲۹	۳۰	۳۰
Li	۲۰	۲۰	۲۳	۲۰	۲۵	۲۹	۲۰	۳۴	۱۶	۲۰	۱۴	۱۶	۱۳	۱۲	۱۷	۲۲	۱۵	۲۱
Lu	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۵۷	۰/۱۵	۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۳۲	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۲۱	۰/۴
Mo	۱/۵	۱/۷	۱/۹	۱/۴	۰/۷	۱/۹	۰/۹	۲/۳	۱/۱۴	۱/۸	۲/۱	۲/۷	۵/۸	۵/۶	۱/۶	۲/۱	۱/۳۳	۳/۲
Nb	۱۵/۱	۱۲/۴	۱۱/۸	۱۳/۸	۱۰/۴	۱۸/۹	۱۲/۷	۲۰	۱۶/۱	۱۸/۳	۱۹/۴	۲۱/۲	۱۶/۵	۲۲/۸	۱۷/۱	۱۹/۷	۱۴/۷	۲۰/۳
Nd	۲۱	۱۹/۳	۲۱/۸	۲۰/۸	۲۵/۶	۳۷/۲	۲۲/۴	۴۲/۳	۲۲/۸	۳۹/۶	۲۶/۴	۳۷/۶	۲۳/۳	۳۸	۲۰/۹	۳۴/۳	۱۹/۸	۳۶/۳
Ni	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۵	۳	۵	۳	۶	۴	۶	۴	۵	۳	۶	۴
Pb	۱۰	۱۲	۱۲	۱۰	۷	۹	۵	۷	۶	۲	۱۶	۱۴	۱۲	۹	۷	۳	۱۱	۱۷
Pr	۵/۰۷	۴/۷۲	۵/۳۴	۵/۱۱	۶/۳۷	۸/۷	۵/۶۹	۱۰/۱۵	۵/۵۶	۹/۴۴	۶/۴۷	۸/۵۵	۵/۹۱	۹/۰۲	۵/۲۹	۸	۴/۸۸	۸/۴۴
Rb	۱۱۲	۱۰۱	۱۱۳	۹۸	۴۸	۷۷	۷۰	۱۰۰	۶۴	۹۵	۶۵	۱۰۲	۸۵	۴۲	۷۰	۱۲۱	۹۶	۱۵۹
Sb	۲/۵	۲/۶	۲/۵	۲/۱	۱/۱	۱/۲	۱	۱/۷	۱	۱/۳	۰/۹	۱/۲	۱	۱/۷	۱/۱	۱/۷	۱/۲	۲/۲
Sc	۱۳/۵	۱۴/۱	۱۳/۲	۱۳/۲	۱۳/۳	۱۰/۳	۱۲/۸	۱۲/۶	۹/۹	۱۱/۴	۱۲/۷	۱۲	۱۴/۲	۱۰/۵	۱۲/۱	۱۱/۸	۱۰/۳	۱۲/۴
Sm	۴/۵۹	۴/۳۳	۴/۳۳	۴/۶۲	۵/۰۹	۷/۴۷	۴/۸۱	۸/۵۷	۴/۸۶	۷/۸۸	۵/۶۹	۷/۷۴	۴/۹۲	۷/۵۸	۴/۵۶	۷/۰۹	۴/۲۵	۷/۲۷
Sn	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۴	۱/۷	۳/۱	۲/۱	۳/۴	۲/۱	۳/۵	۱/۸	۳/۵	۲/۲	۳/۷	۱/۹	۳/۱	۱/۸	۲/۸
Sr	۲۱۱/۷	۲۲۷/۷	۲۱۳/۹	۲۶۱/۳	۳۲۹	۳۹۹/۱	۲۶۵/۵	۲۷۸/۴	۳۲۸	۳۴۱/۱	۲۳۲/۴	۲۶۰	۲۲۴/۱	۲۴۸	۲۰۳/۹	۲۱۰/۱	۱۸۱	۲۱۵/۶
Ta	۰/۹۲	۰/۸	۰/۷۹	۰/۹۳	۰/۶۵	۱/۱۶	۰/۷۲	۱/۳	۰/۶۶	۱/۱۳	۱/۱۷	۱/۳۱	۰/۹۶	۱/۴۱	۰/۹۷	۱/۰۹	۰/۷۵	۱/۰۷
Tb	۰/۶۹	۰/۶۴	۰/۶۶	۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۸۸	۰/۶۹	۱/۰۸	۰/۶۶	۰/۹۵	۰/۷۵	۰/۹۴	۰/۶۷	۰/۹۲	۰/۶۵	۰/۸۹	۰/۶۳	۰/۹۶
Te	۰/۱	۰/۱	۰/۱۴	۰/۱	۰/۱	۰/۷۴	۰/۱۶	۰/۵۷	۰/۲۱	۰/۵۴	۰/۱۴	۰/۶۱	۰/۱	۰/۵۴	۰/۱۷	۰/۴۹	۰/۱	۰/۴۵
Th	۶/۹۶	۶/۰۴	۶/۷۹	۷/۱۱	۶/۳۳	۹/۳۶	۶/۱۷	۱۱/۳۱	۶/۱۴	۱۰/۵۳	۸/۰۹	۱۱	۷/۵۸	۱۰/۵۶	۶	۹/۹۱	۵/۱۶	۱۰/۳۷
Ti	۴۹۴۹	۴۸۵۵	۴۶۶۶	۴۸۴۸	۴۶۵۷	۵۲۲۳	۴۵۹۶	۴۹۴۷	۴۵۱۶	۴۰۲	۴۵۴۶	۵۰۶۵	۴۶۷۴	۵۹۶۷	۴۶۱۸	۴۸۱۲	۴۶۸۰	۴۷۸۸
Tl	۰/۹	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۲	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۵	۰/۲۴	۰/۴۸	۰/۲۵	۰/۴۸	۰/۲۹	۰/۵۷	۰/۲۶	۰/۵۲	۰/۳۶	۰/۶۳
Tm	۰/۴	۰/۳۸	۰/۴	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۶۷	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۳۱	۰/۴۷	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۳۶	۰/۵۴
U	۲/۰۸	۱/۸	۲	۲/۱	۱/۵	۱/۸	۱/۴	۳	۱/۱۱	۲/۱۲	۱/۳	۲/۱	۱/۶	۲/۳	۱/۵	۲/۵	۱/۵	۲/۵
V	۸۸	۹۷	۸۵	۸۵	۸۷	۹۸	۸۴	۹۷	۸۸	۹۶	۹۱	۹۶	۹۰	۹۵	۸۳	۹۲	۸۷	۹۱
W	۸/۷	۴/۹	۷/۱	۲/۱	۱/۴	۱/۹	۲	۵	۱/۳	۲/۸	۳/۵	۴	۴	۵/۴	۲/۱	۲/۹	۱/۹	۳
Y	۲۵/۳	۲۴/۲	۲۳/۳	۲۵/۱	۲۵/۵	۲۰/۷	۲۴/۹	۲۴/۶	۲۲	۲۰/۸	۲۱/۱	۹/۱	۲۳/۵	۱۹/۶	۲۳/۲	۲۱	۲۴	۲۲/۲
Yb	۱/۹	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۶	۲/۳	۱/۵	۳/۳	۱/۳	۲/۳	۱/۳	۲/۱	۱/۳	۲/۲	۱/۵	۲/۵	۱/۵	۲/۸
Zn	۴۲	۴۴	۲۸	۲۸	۲۳	۴۰	۱۶	۴۷	۲۰	۳۳	۱۴	۱۷	۱۰	۱۲	۲۳	۳۲	۲۶	۳۱
Zr	۱۵۴	۱۴۵	۱۴۴	۱۶۱	۱۸۴	۵۸	۱۹۴	۸۴	۳۳	۴۲	۷۷	۴۲	۲۱۳	۵۸	۱۳۴	۸۷	۹۱	۹۳

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

جدول ۲ نتایج تجزیه نمونه‌های سطحی و زیر سطحی گستره معدنی تازه‌کند به روش XRD.

ردیف	نوع	شماره نمونه	نوع دگرسانی	کانی‌ها
۱	سطحی	S-T2-3	به نسبت سالم-کلریتی	کوارتز، آندزین، ارتوکلاز، کلینوکلر، مگنزیوهورنبلند
۲		S-5-1	به نسبت سالم-سریسیتی	آلبیت، ارتوکلاز، دیوپسید، ساندین، سریسیت
۳		S-TZK-4	فیلیک-آرژیلی	آلبیت، پیریت، کوارتز، سریسیت، ورمیکولیت، ایلیت
۴		S-TZK-5	کلریتی	کوارتز، آلبیت، کلینوکلر، مالاکیت، کاماسیت
۵		S-TZK-9	آرژیلی پیشرفته	کوارتز، آلونیت، دیکیت، کلسیت، انیدریت
۶		S-2-3	آرژیلی-برونزاد	کوارتز، سریسیت، آلبیت، مونتموریلونیت، جاروسیت
۷	زیر سطحی	BH1-241	پروپیلیتی	کوارتز، اپیدوت، کلینوکلر، کلسیت
۸		BH1-343	پروپیلیتی-فیلیک	انیدریت، کوارتز، آلبیت، پیریت، سریسیت، سنگ گچ، کلسیت
۹		BH1-344	فیلیک	سنگ گچ، کوارتز، کلسیت، انیدریت
۱۰		BH1-431	فیلیک	کلسیت، سنگ گچ، کوارتز، انیدریت، سریسیت، کریستوبالیت
۱۱		BH1-445	فیلیک	آلبیت، پیریت، سنگ گچ، ایلیت، سریسیت، کوارتز



شکل ۲ تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی از دگرسانی‌های گرمابی و کانه‌زایی در گستره معدنی تازه‌کند، الف) توده نفوذی ریزکوارتز مونزونیتی با بافت پورفیری دربردارنده درشت بلورهای شکل‌دار پلاژکلاز رسی شده، که با رگچه‌های کربناتی قطع شده و متن سنگ را ریز بلورهای سریسیت و کوارتز شکل داده‌اند (در نور قطبیده متقاطع، XPL)، ب) توده‌نفوذی مونزودیوریت به نسبت سالم دربردارنده بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن همراه با اپیدوت‌های ریزبلور که در فضای بین پلاژیوکلازها جایگیری کرده‌اند (XPL)، پ) اپیدوت‌های ریز بلور که درون کانی‌های پلاژیوکلاز طی دگرسانی پروپیلیتی شکل گرفته‌اند (XPL)، ت) کانی کلریت که جانشین کانی‌های فرومنیزین شده و در سطح آن کانی کدر طی دگرسانی کلریتی- سریسیتی تشکیل شده است (XPL)، ث) رگچه‌های دربردارنده انیدریت و سنگ گچ با ضخامت متغیر ۱ تا ۲٫۵ سانتی‌متر به رنگ سفید به همراه کوارتز، سریسیت و پیریت‌های ریز بلور پراکنده در متن سنگ توده‌نفوذی مونزونیتی که طی دگرسانی فیلیک تشکیل شده‌اند، ج) رگه - رگچه‌های اپیدوتی با ضخامت ۱ سانتی‌متر که در توده نفوذی دیوریتی طی دگرسانی پروپیلیتی شکل گرفته‌اند، چ) بافت برشی دارای سیمان کالکوپیریت و اسپکیولاریت، ح) بلورهای بی‌شکل کالکوپیریت که از لبه به بورنیت تبدیل شده و شکستگی‌های بلورهای نیمه شکل‌دار پیریت را پر کرده‌اند (XPL)، خ) کانه‌زایی زیرسطحی پراکنده مگنتیت به همراه کالکوپیریت در دگرسانی فراگیر پروپیلیتی (XPL)، (نشانه‌های اختصاری کانی‌ها برگرفته از مرجع [۱۵]) هستند.

بررسی شاخص‌های دگرسانی گرمابی

برای درک بهتر دگرسانی گرمابی و تغییرات زمین‌شیمیایی ایجاد شده در گستره معدنی تازه‌کند از یافته‌های زمین-شیمیایی سنگ دیواره و نمودار جعبه‌ای دگرسانی که دگرسانی را با استفاده از شاخص‌های ایشیکاوا (AI) و کلریت-کربنات-پیریت (CCPI) نمایش می‌دهد استفاده شد [۶]. شاخص AI نخستین بار، برای کانسارهای سولفید توده‌ای مطرح شد [۱۶] و سپس همراه با شاخص CCPI [۳] برای کانسارهای گرمابی استفاده گردید. همچنین شاخص دگرسانی شیمیایی (CIA) برای نمونه‌های سطحی و زیرسطحی محاسبه و بررسی شد.

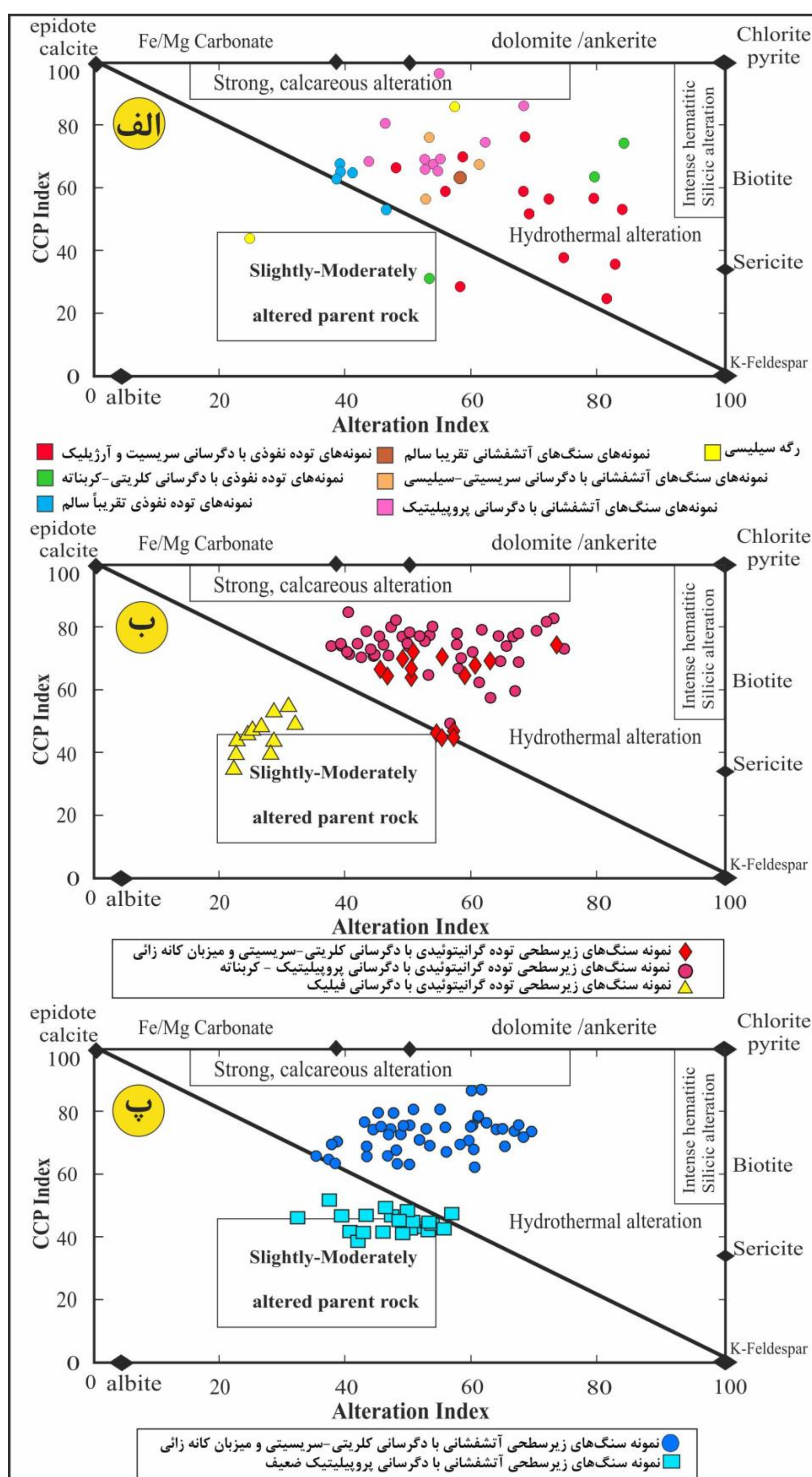
شاخص دگرسانی ایشیکاوا: این شاخص بر اساس رابطه $(AI=100(MgO+K_2O)/(CaO+Na_2O+MgO+K_2O))$ به بیان کمّی شدت دگرسانی‌های سریسیتی و کلریتی با استفاده از نسبت عناصر سنگ‌ساز افزوده شده به مجموع عناصر طی دگرسانی‌ها می‌پردازد [۳]؛ این شاخص ۲۰ تا ۶۰ در سنگ‌های دگرسان نشده، ۵۰ تا ۹۹ برای سنگ‌های دگرسان شده و ۱۰۰ در سنگ‌های کامل دگرسان شده است [۶].

شاخص دگرسانی کلریت-کربنات-پیریت: از آنجا که شاخص AI در محاسبه دگرسانی کربناتی و تفکیک دگرسانی‌های کلریتی و سریسیتی از هم ناتوان است، از شاخص CCPI بر اساس رابطه $(CCPI=100(MgO+FeO)/(MgO+FeO+K_2O+Na_2O))$، برای تعیین شدت دگرسانی‌های کلریتی، کربناتی و پیریتی استفاده می‌شود [۳]. این شاخص قادر به تعیین MgO و FeO افزوده شده به سنگ طی جانشینی کلریت به جای آلبیت، فلدسپار پتاسیم و سریسیت است.

شاخص‌های دگرسانی براساس نتایج تجزیه به روش‌های طیف‌سنجی جرمی و نشر نوری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS و ICP-OES) ۳۷ نمونه سطحی، ۴۴ نمونه واحد آتشفشانی زیرسطحی و ۷۲ نمونه از توده نفوذی زیرسطحی دگرسان شده محاسبه و به تفکیک بر نمودار جعبه‌ای دگرسانی پیاده گردیدند. مقادیر شاخص دگرسانی در نمونه‌های سطحی توده نفوذی با دگرسانی آرژیلیکی- سریسیتی برابر با ۸۳٫۶۲-AI=۴۷٫۹۷ و CCPI=۲۴٫۸۴-۷۶٫۱۰، با دگرسانی کلریتی-کربناتی برابر با AI=۴۳٫۶۸-۶۴٫۳۹ و CCPI=۳۰٫۲۵-۸۵٫۰۱ و در سنگ‌های آندزیتی با دگرسانی پروپیلیتی برابر با ۷۴-AI=۶۰٫۷۲ و CCPI=۶۶٫۲۲-۹۵٫۷۳ و با دگرسانی سریسیتی - سیلیسی AI=۵۲٫۶۰-۵۰٫۵۹ و CCPI=۶۰٫۴۰-۷۱ هستند.

همچنین مقادیر شاخص دگرسانی در نمونه‌های توده نفوذی به نسبت سالم برابر با AI=۳۸٫۵۱-۴۶٫۳۳ و ۷۰٫۰۴-CCPI=۵۳٫۲۲ بوده که روی خط مرز واقع هستند (شکل۳ الف). با توجه به موقعیت کانی‌های آلبیت، سریسیت، فلدسپار پتاسیم، کلریت، پیریت، کربنات‌های Fe و Mg دار، کلسیت و اپیدوت بر نمودار جعبه‌ای دگرسانی [۳]، نمونه‌های مورد بررسی در قلمرو دگرسانی گرمابی قرار دارند و با افزایش پیشرونده دگرسانی گرمابی به سمت دگرسانی‌های سریسیتی، کلریتی و کربناتی متمایل شده‌اند و دارای پلاژیوکلازهایی با بیشترین شدت دگرسانی هستند؛ این با شواهد سنگ‌نگاری بیانگر ظهور و فراوانی کانی‌های گرمابی سریسیت، کلریت، ایلیت و کربنات‌ها همخوانی دارد. مقادیر شاخص دگرسانی در نمونه‌های زیرسطحی توده نفوذی با دگرسانی کلریتی-سریسیتی برابر با AI=۴۵٫۲۱-۷۲٫۹۱ و CCPI=۴۳٫۸۶-۷۳٫۴۳ و با دگرسانی پروپیلیتیکی برابر با AI=۳۸٫۷۲-۳۵٫۹۱ و CCPI=۵۰٫۸۳-۲۱٫۵۹ هستند، که نشان دهنده قرارگیری نمونه‌ها در قلمرو دگرسانی گرمابی است و روند اصلی دگرسانی کلریتی-اپیدوتی -کربناتی را نشان می‌دهد؛ این با شواهد سنگ‌نگاری گویای ظهور و فراوانی کانی‌های گرمابی اپیدوت، کلریت، سریسیت و کربنات‌ها همخوانی دارد. همچنین مقادیر شاخص دگرسانی در نمونه‌های توده مونزونیتی با دگرسانی فیلیک برابر با AI=۲۲٫۹۲-۳۱٫۸۲ و CCPI=۳۹٫۲۰-۵۵٫۰۵ بوده که در گستره سنگ مادر با دگرسانی کم تا متوسط واقع هستند (شکل ۳ ب). مقادیر شاخص دگرسانی در نمونه‌های زیرسطحی سنگ‌های آندزیتی با دگرسانی کلریتی- سریسیتی دربردارنده کانه‌زایی سولفیدی- اکسیدی برابر با ۶۸٫۹۲-AI=۳۵٫۱۲ و CCPI=۶۳٫۶۶-۸۶٫۲۴ بوده، که نشان دهنده قرارگیری نمونه‌ها در قلمرو دگرسانی گرمابی هستند و روند اصلی دگرسانی کلریتی- کربناتی را نشان می‌دهد. در نمونه‌های آندزیتی با دگرسانی پروپیلیتی-کربناتی، مقادیر این شاخص‌ها برابر با AI=۳۲٫۶۰-۲۷٫۳۱ و CCPI=۳۸٫۹۴-۶۲٫۵۱ بوده که در گستره سنگ مادر با دگرسانی کم واقع هستند (شکل ۳ پ). شاخص ایشیکاوا هر دو واحد آندزیتی در گستره مشابهی قرار دارند، اما بر اساس شاخص دگرسانی کلریت- کربنات- پیریت به دلیل کاهش شدت دگرسانی پروپیلیتی و کانی‌های اپیدوت- کلریت-کربنات از هم تفکیک شده‌اند که با نتایج کانی‌شناسی همخوانی دارد.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

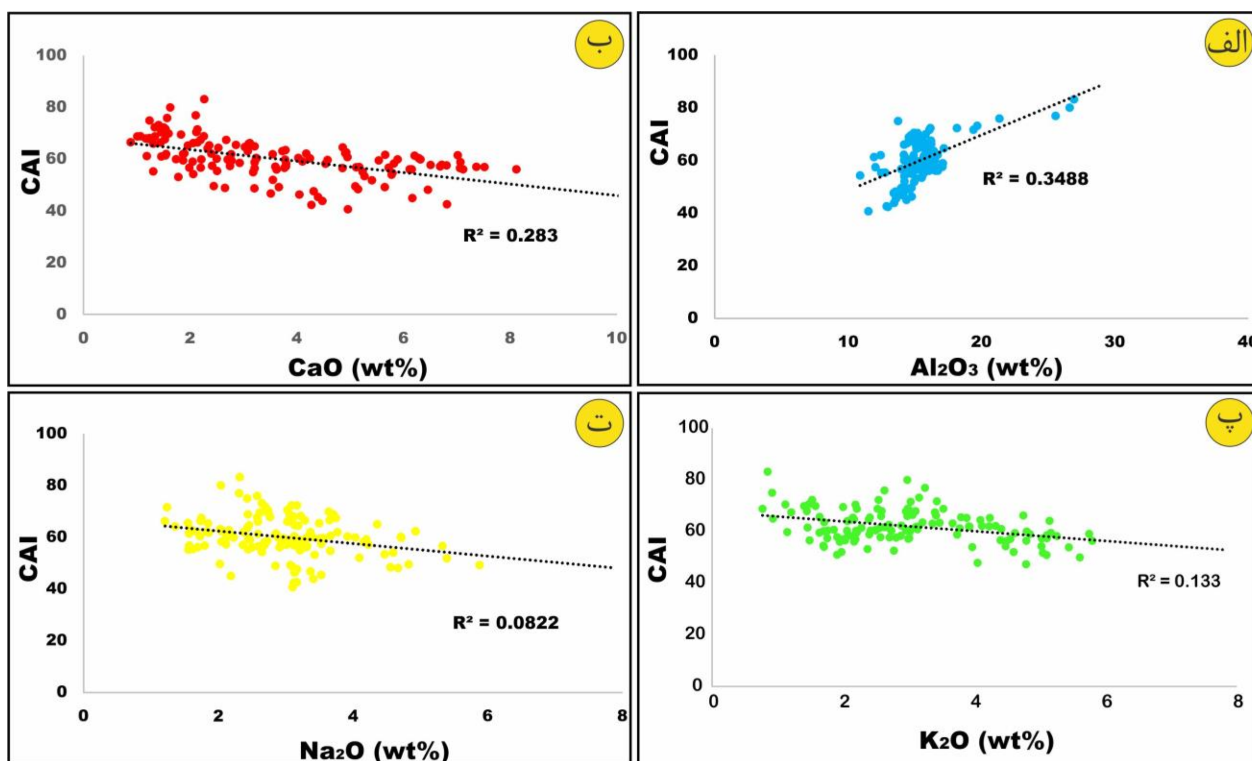


شکل ۳ نمودار جعبه‌ای دگرسانی AI نسبت به CCPI برای یافته‌های تجزیه شیمیایی نمونه‌های الف) سطحی، ب) توده نفوذی زیرسطحی، پ) واحدهای آتشفشانی زیرسطحی گستره معدنی تازه‌کند.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

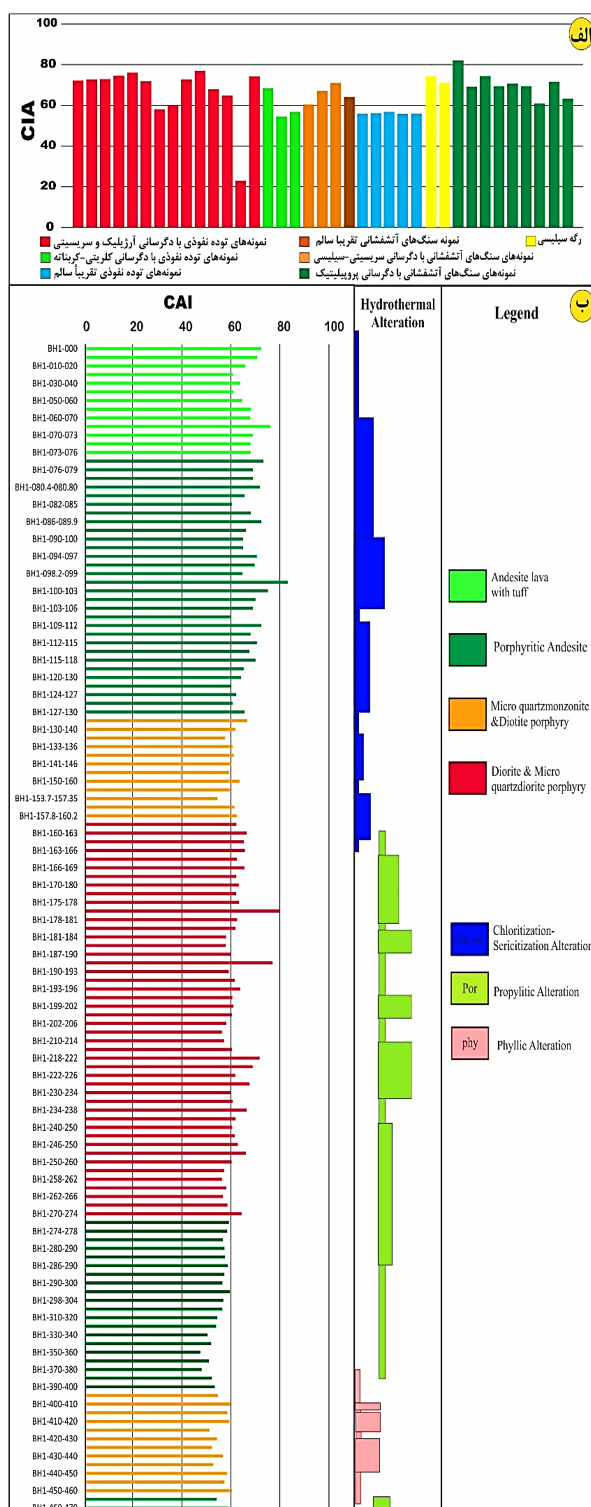
شاخص شیمیایی دگرسانی: این شاخص بر اساس رابطه $CAI=100\times Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)$ شدت دگرسانی را اندازه‌گیری می‌نماید. مقدار CIA برای کانی‌های اولیه و غیر دگرسان اغلب ۵۰ و کمتر از آن است. با پیشروی هوازدگی سنگ، کانی‌های اولیه از بین رفته و کانی‌های ثانویه تولید می‌شوند، در نتیجه مقدار CIA افزایش می‌یابد [۱۷].

مقدار CIA تابعی از مقادیر اکسیدهای Al_2O_3، CaO، Na_2O و K_2O است و مقادیر Al_2O_3 و CaO نقش مهمی در کانی‌شناسی نمونه‌های این منطقه دارند. بررسی تغییرات جرم اکسیدهای نام برده نسبت به CAI (شکل ۴) نشان می‌دهد که با افزایش جرم Al_2O_3، CIA نیز با شیب آرام و مثبت افزایش یافته است که با حضور کانی‌های آلومینوسیلیکاتی چون ایلیت و مونت‌موریلونیت در پهنه‌های دگرسانی همخوانی دارد. تغییر جرم CaO و K_2O نسبت به CIA روند خطی بسیار خوب و منطقی با شیب منفی نشان می‌دهد که به دلیل خروج Ca و K طی پیشرفت فرآیند دگرسانی است. تغییر Na_2O نسبت به CIA روند خطی با شیب بسیار کم و منفی را نشان می‌دهد که بیانگر اثر بسیار کم Na بر CIA است. با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های سطحی، مقادیر میانگین CAI برای نمونه - های توده نفوذی با دگرسانی آرژیلی و سریسیتی حدود ۶۶٫۹۶، توده نفوذی با دگرسانی کلریتی-کربناتی حدود ۶۷٫۲۷، توده نفوذی تقریباً سالم حدود ۵۶٫۱۴، سنگ آندزیتی تقریباً سالم ۶۴٫۲۳، سنگ آندزیتی با دگرسانی سریسیتی- سیلیسی حدود ۶۶٫۱۶، سنگ آندزیتی با دگرسانی پروپیلیتی حدود ۷۰٫۱۴ و برای رگه سیلیسی ۷۲٫۷۴ هستند (شکل ۵ الف). همچنین با توجه به نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های زیرسطحی، مقدار CAI برای واحدهای آندزیتی همراه با دگرسانی کلریتی-سریسیتی در گستره ۵۹٫۶۳-۸۳٫۲۱ (به طور میانگین ۶۶٫۶۴)، در توده نفوذی با دگرسانی کلریتی-سریسیتی در گستره ۶۶٫۴۳- ۵۴٫۲۷ (به طور میانگین۶۰٫۶۵)، توده نفوذی با دگرسانی پروپیلیتیک در بازه ۵۶٫۰۶-۸۰٫۰۱ (به طور میانگین ۶۲٫۲۶)، در سنگ آندزیت پورفیری با دگرسانی ضعیف پروپیلیتی در گستره ۵۹٫۴۱- ۴۷٫۲۸ (به طور میانگین ۵۴٫۵۴) و در توده نفوذی با دگرسانی فیلیک در گستره ۵۹٫۸۱- ۵۱٫۰۰ (به طور میانگین ۵۵٫۲۵) هستند. نمودار تغییرات CAI با افزایش عمق در پهنه‌های دگرسانی گستره معدنی تازه‌کند در شکل ۵ ب ارائه شده است.



شکل ۴ نمودار دو متغیره تغییرات اکسیدهای الف) Al_2O_3، ب) CaO ، پ) K_2O و ت) Na_2O نسبت به CIA.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]



شکل ۵ الف) میانگین CAI در پهنه‌های دگرسانی نمونه‌های سطحی، ب) روند تغییرات CAI با افزایش عمق در پهنه‌های دگرسانی زیرسطحی گستره معدنی تازه‌کند.

بررسی زمین‌شیمیایی و محاسبه عامل غنی‌شدگی در پهنه‌های دگرسانی

برای بررسی رفتار عناصر و اکسیدها طی فرآیند دگرسانی، عامل غنی‌شدگی (E.F.) بر پایه رابطه زیر برای نمونه‌های گستره تازه‌کند محاسبه شد [۱۸]:

E.F. =[(عنصر نمونه سنگ سالم/عنصر نمونه‌های سنگ دگرسان) -1] ×100 (۱)

برای محاسبه عامل غنی‌شدگی از نتایج تجزیه ۵۷ نمونه‌ی توده نفوذی سطحی و زیرسطحی با دگرسانی کلریت-سریسیت،

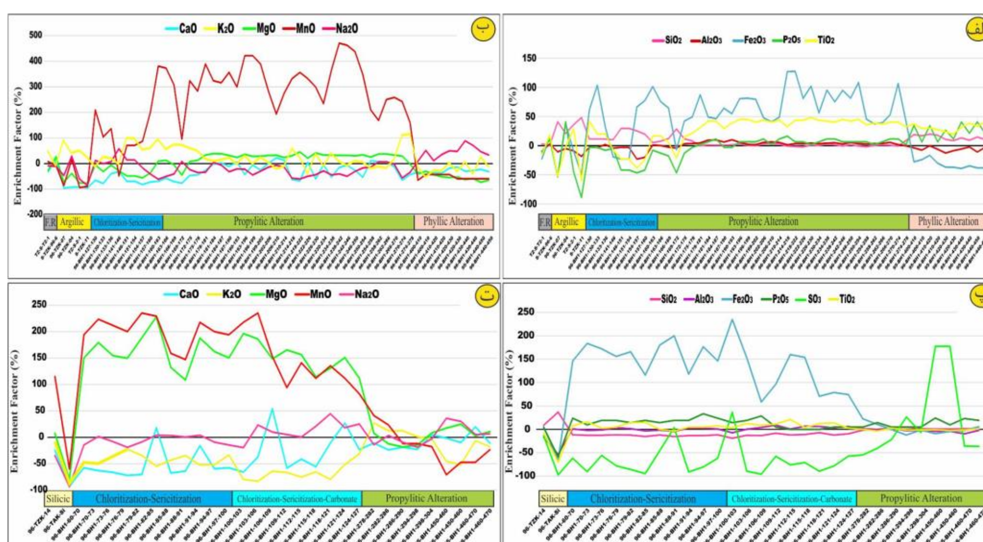
[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

پروپیلیتی، فیلیک و آرژیلی و دو نمونه به نسبت سالم (با نشانه اختصاری F.R) و ۳۱ نمونه از سنگ‌های آندزیتی سطحی و زیرسطحی با دگرسانی کلریت-سریسیت، کربناتی، پروپیلیتی و سیلیسی استفاده شد. سپس عامل غنی‌شدگی برای آنها بر اساس یک نمونه سنگ مادر دیوریتی و یک نمونه سنگ آندزیتی تقریباً سالم انتخاب شده بر پایه بررسی‌های سنگ-نگاری و شاخص‌های دگرسانی، محاسبه شد. نتایج به دست آمده اطلاعات با ارزشی از شرایط فیزیکوشیمیایی و تغییرات کانیایی طی گسترش رخداد دگرسانی در گستره معدنی تازه-کند ارائه می‌دهد.

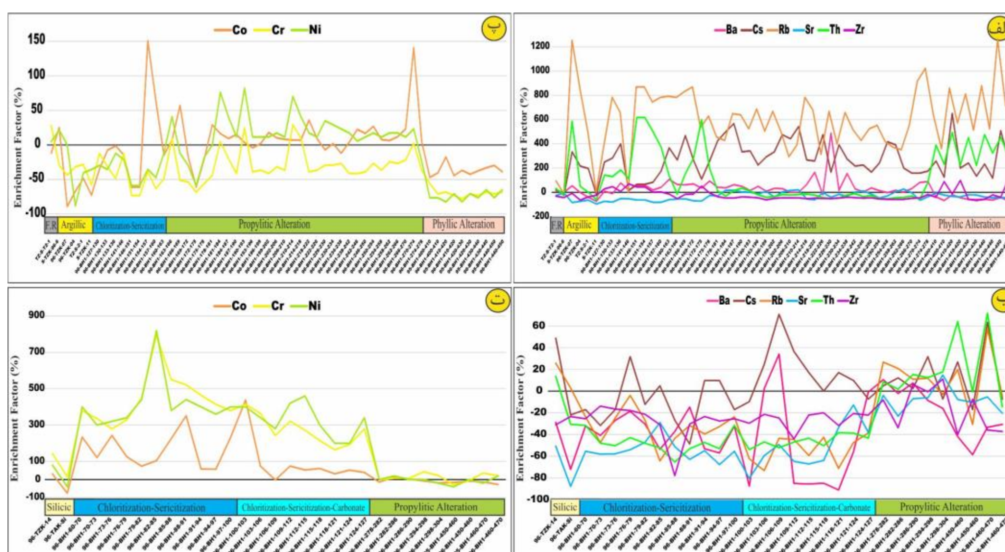
عناصر اصلی و فرعی: بیشترین مقادیر غنی‌شدگی در بین اکسید عناصر اصلی به ترتیب مربوط به Fe_2O_3، MgO، MnO و SO_3 است (شکل ۶). SiO_2 در پهنه دگرسانی سیلیسی با سنگ میزبان آندزیتی و دگرسانی آرژیلیک، کلریتی-سریسیتی و فیلیک با سنگ میزبان توده نفوذی غنی‌شدگی نشان می‌دهد و در پهنه‌های دگرسانی کلریتی-سریسیتی و پروپیلیتیک با سنگ میزبان آندزیتی و دگرسانی پروپیلیتی با سنگ میزبان توده نفوذی تهی‌شده است. در واقع، میزان غنی‌شدگی از پهنه سیلیسی به سمت پهنه پروپیلیتی کاهش می‌یابد. کاهش جرم SiO_2 گویای کائولینیتی شدن فلدسپارهای سنگ‌های آندزیتی و توده نفوذی و آزاد شدن بخشی از سیلیس به درون محلول-های دگرسان کننده است. طی فرآیند دگرسانی، Al_2O_3 و P_2O_5 رفتار دوگانه افزایشی و کاهشی نشان می‌دهند، که می-تواند با عواملی چون pH پایین سیال‌های دگرسان کننده، نسبت بالای سیال به سنگ، تغییر در شدت دگرسانی و فعالیت بالای یون‌های کمپلکس‌ساز در سیال در ارتباط باشد [۱۹-۲۱]. Al_2O_3 در پهنه سیلیسی بیشترین و در پهنه آرژیلیک کمی تهی‌شدگی نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل ماهیت اسیدی شدید ($pH<2$) سیال گرمابی در پهنه سیلیسی باشد [۲۲، ۲۳]. P_2O_5 در پهنه دگرسانی کلریتی- سریسیتی و پروپیلیتی غنی‌شدگی و در سایر پهنه‌های دگرسانی تهی‌شدگی نشان می‌دهد. تهی‌شدگی P_2O_5 به دلیل تخریب کانی‌های فسفاتی (چون آپاتیت) و غنی‌شدگی آن به دلیل وجود کانی-های ثانویه فسفاتی در این پهنه‌هاست. TiO_2 تقریباً از روند Fe_2O_3 پیروی می‌کند، اما مقدار غنی‌شدگی آن نسبت به آهن کمتر بوده و Fe_2O_3 در پهنه دگرسانی‌های فیلیک، آرژیلیک و سیلیسی و TiO_2 در پهنه آرژیلیک و سیلیسی تهی شده است که نشانگر دگرسانی کانی‌های فرومنیزین چون بیوتیت و هورنبلند و آزاد شدن آهن و تیتان و خروج آن‌ها از محیط است. همچنین تهی‌شدگی Fe_2O_3 در پهنه دگرسانی فیلیک می‌تواند در ارتباط با اکسایش پیریت‌های توده نفوذی و تولید اسید سولفوریک و سولفات فروی محلول باشد که سبب خروج Fe_2O_3 از سامانه شده است [۲۳]. تهی‌شدگی TiO_2 نیز می-تواند دلیلی بر ماهیت درون‌زاد سیال‌های دگرسان کننده باشد [۲۴]. Fe_2O_3 در پهنه دگرسانی کلریتی-سریسیتی و پروپیلیتی به دلیل حضور کانی‌های اسپکیولاریت، هماتیت و مگنتیت غنی‌شدگی نشان می‌دهد. افزایش جرم MnO در دگرسانی پروپیلیتی و کلریتی- سریسیتی می‌تواند دلیلی بر تبدیل Mn^{2+} به Mn^{4+} و تثبیت این عنصر به صورت اکسید و هیدرواکسیدهای غیرقابل حل در این سامانه باشد [۲۵]. افزون بر آن، تخریب کانی‌های فرومنیزین طی دگرسانی‌های آرژیلیک و سیلیسی شدن شرایط لازم برای خروج بخشی Mn از سامانه را فراهم نموده است [۲۳، ۲۶]. خروج K_2O، Na_2O و CaO از سامانه نشانگر دگرسانی فلدسپارها به ویژه پلاژیوکلاز و آزادشدن بخشی از این عناصر به درون محلول‌های دگرسان کننده است. نهشته‌شدن کانی‌های کربناتی و کلسیت به صورت رگچه‌ای در برخی از نمونه‌های دگرسانی کلریتی-سریسیتی-کربناتی و پروپیلیتی با سنگ میزبان آندزیتی می‌تواند دلیلی بر افزایش جرم CaO باشد. Na_2O در پهنه دگرسانی‌های پروپیلیتی و فیلیک غنی‌شدگی نشان می‌دهد که دلیل آن شستشوی به نسبت کم سدیم و وارد شدن آن در کانی‌های سدیم‌دار چون آلبیت و تا حدی مونتموریلونیت است [۲۷]. K_2O در دگرسانی‌های آرژیلیک و کلریتی- سریسیتی با سنگ میزبان توده نفوذی غنی‌شدگی نشان می‌دهد و به نظر می‌رسد که پتاسیم ناشی از هوازدگی فلدسپارهای پتاسیم درون کانی-هایی چون ایلیت، مونتموریلونیت و سریسیت تثبیت شده است. K_2O در دگرسانی‌های سیلیسی و کلریتی- سریسیتی با سنگ میزبان آندزیتی تهی‌شدگی نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل دگرسانی فلدسپارهای پتاسیم باشد. غنی‌شدگی MgO در دگرسانی‌های کلریتی- سریسیتی و پروپیلیتیک می‌تواند به دلیل تثبیت منیزیم در کانی کلریت و کلینوکلر باشد (شکل ۶). SO_3 در همه پهنه‌های دگرسانی نمونه‌های توده نفوذی به ویژه دگرسانی فیلیک غنی‌شدگی نشان می‌دهد که به دلیل حضور کانی‌های گوگرددار چون سولفیدها (پیریت) و سولفات‌ها (سنگ گچ و انیدریت) است.

بررسی تغییرات عناصر سنگ دوست درشت یون: Sr به دلیل تخریب پلاژیوکلازها و آزاد شدن آن به سیال گرمابی در همه پهنه‌های دگرسانی تهی‌شدگی نشان می‌دهد [۲۸]. کاهش جرم

Sr نشانگر همپوشی محلول‌های دگرسان کننده درونزاد با محلول‌های برونزاد است. Ba، Rb و Cs در پهنه‌های دگرسانی با سنگ میزبان توده نفوذی به دلیل تثبیت و تمرکز در کانی-های رسی غنی‌شدگی [۲۷، ۲۹] و در پهنه دگرسانی‌های کلریتی–سریسیتی و سیلیسی با سنگ میزبان آندزیتی به دلیل تخریب فلدسپارها تهی‌شدگی نشان می‌دهد. تهی‌شدگی Rb به دلیل تخریب فلدسپارها به ویژه شکستن فلدسپارهای پتاسیم-دار سنگ مادر طی دگرسانی است [۳۰]. اغلب Th طی گسترش فرآیندهای دگرسانی بی‌تحرک می‌ماند [۳۱]، با این حال این عنصر نیز دچار تهی‌شدگی و غنی‌شدگی شده است که می‌تواند ناشی از اسیدیته بالای سیال‌های مسئول دگرسانی، نسبت بالای سیال به سنگ و فعالیت بالای یون‌های کمپلکس ساز در سیال باشد. دمای بالا و شرایط اسیدی باعث تحرک Zr و دمای پایین و شرایط قلیایی سبب تثبیت آن می‌شود [۳۲، ۳۳]. در نمونه‌های مورد بررسی، روند Zr در همه پهنه-های دگرسانی تهی‌شدگی نشان می‌دهد که می‌تواند به دلیل دمای بالا و شرایط اسیدی سیال دگرسان کننده باشد (شکل-های ۷ الف و ب).



شکل ۶ روند تغییرات عامل غنی‌شدگی (E.F)، تهی‌شدگی و غنی‌شدگی اکسید عناصر اصلی نمونه‌های زیرسطحی و سطحی الف و ب) توده نفوذی (سنگ سالم=F.R) و پ و ت) سنگ‌های آندزیتی در پهنه‌های دگرسانی مختلف.



شکل ۷ روند تغییرات عامل غنی‌شدگی (E.F)، تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر سنگ دوست درشت یون در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی الف) توده نفوذی (سنگ سالم=F.R) و ب) سنگ‌های آندزیتی و عناصر واسط با شدت میدان بالا در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی پ) توده نفوذی و ت) سنگ‌های آندزیتی در پهنه‌های دگرسانی مختلف.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

بررسی تغییرات عناصر واسط با شدت میدان بالا: حضور عناصر Cr، Co و Ni در سنگ‌های دگرسان شده به شدت به pH محیط وابسته است. pH پایین [۳۴] سبب تخریب کانی‌های فرومنیزین طی گسترش فرآیند دگرسانی شده و شرایط لازم برای شستشوی بخشی و تهی‌شدگی این عناصر را فراهم می‌نماید [۲۳]. همچنین افزایش جرم این عناصر با ورود سیال های دگرسان کننده به سامانه رخ می‌دهد. Co ،Cr و Ni در همه پهنه‌های دگرسانی با سنگ میزبان توده نفوذی و پهنه سیلیسی تهی‌شدگی، Co در پهنه پروپیلیت غنی‌شدگی و Cr، Co و Ni در پهنه کلریتی-سریسیتی-کربناتی با سنگ میزبان آندزیتی همراه با کانه‌زایی غنی‌شدگی نشان می‌دهند (شکل‌های ۷پ و ت). عناصری چون Co و Ni در سولفیدها جانشین می‌شوند و نسبت Co/Ni شرایط تشکیل کانی‌ها را بیان می‌کند. مقدار Co و Ni و نسبت Co/Ni آن‌ها نیز در نمونه‌های دگرسان شده برای تعیین چگونگی تشکیل کانسارها می‌تواند استفاده شود [۳۵، ۳۶]. از نظر زایشی، نسبت Co/Ni در کانسارهای با خاستگاه آتشفشانی، رسوبی و گرمابی به ترتیب بیش از ۱۰-۵، کمتر از یک و کمتر از ۵ است [۳۵]. این نسبت به طور میانگین برای نمونه‌های سطحی، نمونه‌های سنگ آندزیتی زیرسطحی و نمونه‌های توده نفوذی زیرسطحی مورد بررسی به ترتیب برابر با ۱٫۲۸، ۲٫۲۴ و ppm ۲٫۰۶ بوده که نشانگر خاستگاه گرمابی گستره معدنی تازه‌کند است.

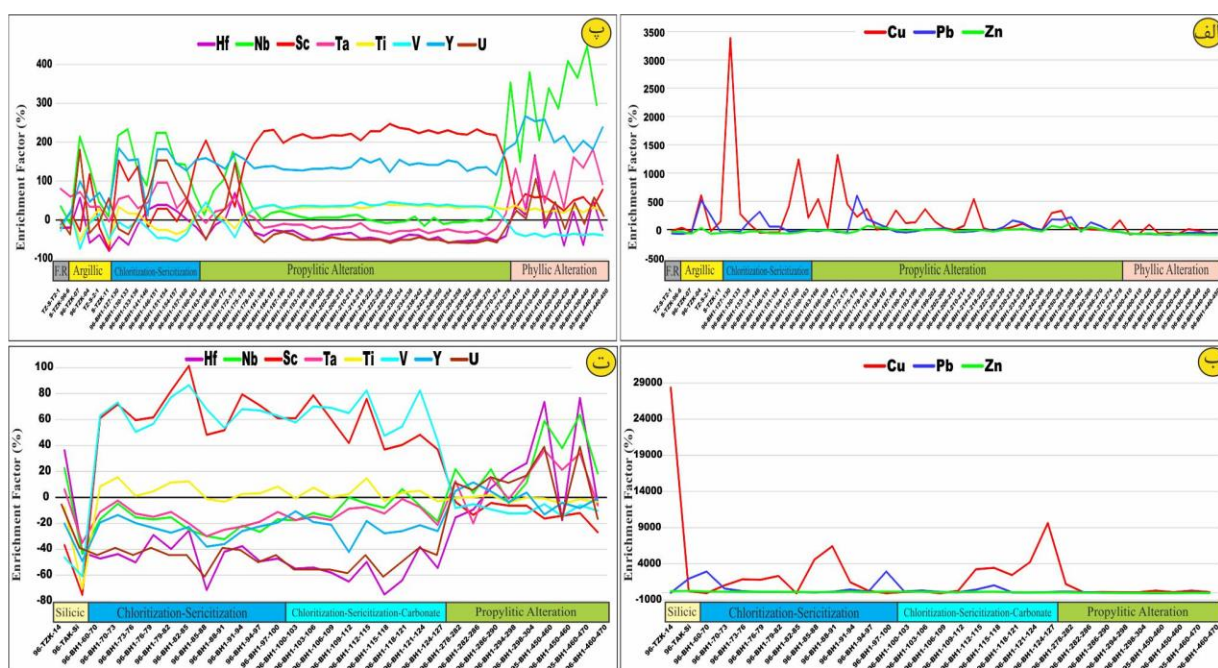
افزایش جرم عناصر کانی‌ساز Pb ،Cu و Zn در سامانه دگرسانی مورد بررسی به نظر می‌رسد که این افزایش جرم به دلیل ورود آن‌ها توسط سیال‌های دگرسان کننده به سامانه رخ داده باشد که می‌تواند برآمده از محلولی با خاستگاه ماگمایی و یا فروشست از سنگ‌های پیرامون باشد. غنی‌شدگی بسیار بالای مس، گاهی سرب و به‌ندرت روی به دلیل حضور کانی‌های سولفیدی (کالکوپیریت، کوولیت، کالکوسیت، بورنیت و گالن) و کانی‌های اکسیدی (مالاکیت و آزوریت) است. غنی‌شدگی روی نیز می‌تواند به دلیل نقش کانی‌های رسی در تثبیت و تمرکز آن باشد [۳۷] (شکل‌های ۸ الف و ب).

بررسی تغییرات عناصر با شدت میدان بالا: روند Hf در همه پهنه‌های دگرسانی تهی‌شدگی نشان می‌دهد. Nb در دگرسانی‌های کلریتی-سریسیتی و فیلیک با سنگ میزبان توده نفوذی غنی‌شدگی و در سایر دگرسانی‌ها تهی‌شدگی نشان می‌دهد. شستشوی Nb نیز به نوعی بیانگر اسیدیته بالای سیال‌های دگرسان کننده است [۲۴]. غنی‌شدگی Nb و Ta می‌تواند به دلیل تثبیت آن‌ها توسط کانی‌های رسی باشد [۳۸]. Ta، V و Y اغلب طی گسترش فرآیندهای دگرسانی بی‌تحرک هستند [۳۱]، در حالیکه در سنگ میزبان آندزیتی با دگرسانی کلریتی-سریسیتی-کربناتی، Ta و Y تهی‌شدگی و V غنی‌شدگی، در دگرسانی پروپیلیتی Ta غنی‌شدگی و V و Y روند بدون تغییر و در دگرسانی سیلیسی، هر سه عنصر تهی‌شدگی نشان می‌دهند. در سنگ میزبان توده نفوذی، Y در همه دگرسانی‌ها غنی‌شدگی نشان می‌دهد و در دگرسانی‌های آرژیلیک، کلریتی-سریسیتی و فیلیک، V تهی شدگی و Ta غنی‌شدگی، در دگرسانی پروپیلیتی V غنی‌شدگی و Ta تهی‌شدگی نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد که این رفتارهای غیرعادی دوگانه افزایش و کاهش ناشی از اسیدیته بالای سیال های مسئول دگرسانی، نسبت بالای سیال به سنگ و فعالیت بالای یون‌های کمپلکس‌ساز در سیال باشد [۲۱]. غنی‌شدگی V به دلیل تمرکز و تثبیت آن در کانی‌های چون آناتاز صورت می‌گیرد [۳۹] (شکل‌های ۸ پ و ت).

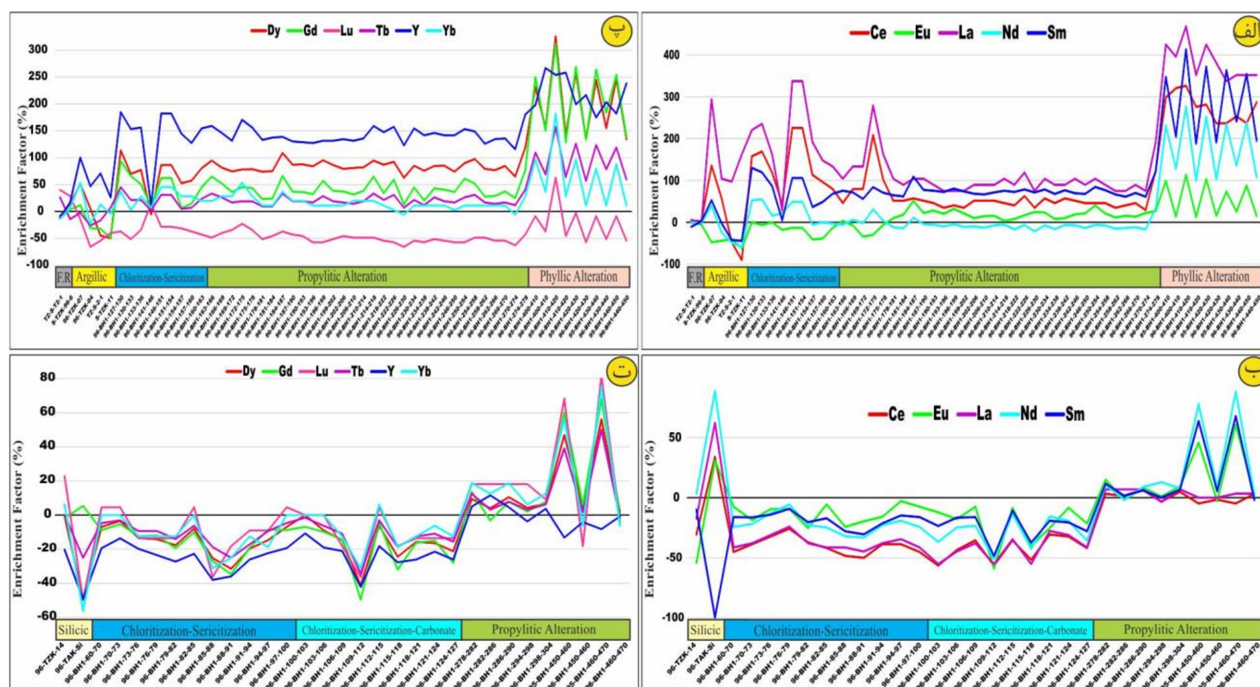
U از عناصر با شدت میدان پایین محسوب می‌شود [۱۹] و خروج نسبی آن از سامانه دگرسانی، طبیعت اکسایشی سیال های دگرسان کننده را نشان می‌دهد که با حضور اسپکیولاریت در پهنه کلریتی-سریسیتی-کربناتی در گستره معدنی تازه‌کند همخوانی دارد (شکل‌های ۸ پ و ت).

بررسی تغییرات عناصر خاکی نادر: در پهنه‌های دگرسانی، این عناصر رفتار متفاوت دارند و بود و نبود آنها با pH، پتانسیل اکسایش- کاهش (Eh) و غلظت کمپلکس‌های در دسترس و نسبت آب به سنگ (W/R) کنترل می‌شود، به طوری که در شرایط اسیدی و نسبت بالای آب به سنگ و در حضور لیگاندهای کمپلکس‌ساز چون SO_4^{2-}، PO_4^{3-}، CO_3^{2-}، Cl^- و F^- به حرکت در می‌آیند [۴۰، ۴۱]. بررسی عناصر خاکی نادر در گستره تازه‌کند نشان می‌دهد که LREEها با سنگ میزبان توده نفوذی در همه دگرسانی‌ها غنی‌شده‌اند در حالیکه با دگرسانی پروپیلیتی غنی‌شدگی کمتری دارند. از بین LREEها Eu کمترین غنی‌شدگی را دارد و در پهنه دگرسانی‌های آرژیلیک و کلریتی-سریسیتی با تهی‌شدگی همراه است. LREEها با سنگ میزبان آندزیتی در دگرسانی‌های سیلیسی و پروپیلیتی غنی‌شدگی و در پهنه کانه‌زایی کلریتی-سریسیتی-کربناتی تهی‌شدگی نشان می‌دهند (شکل‌های ۹ الف و ب).

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]



شکل ۸ روند تغییرات عامل غنی‌شدگی (E.F)، تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر کانی‌ساز Cu، Pb و Zn در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی الف) توده نفوذی (سنگ سالم=F.R) و ب) سنگ‌های آندزیتی و عناصر با شدت میدان بالا به همراه U در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی پ) توده نفوذی و ت) سنگ‌های آندزیتی در پهنه‌های دگرسانی مختلف.



شکل ۹ روند تغییرات عامل غنی‌شدگی (E.F)، تهی‌شدگی و غنی‌شدگی LREEها در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی الف) توده نفوذی (سنگ سالم=F.R) و ب) سنگ‌های آندزیتی وHREEها در نمونه‌های زیرسطحی و سطحی پ) توده نفوذی و ت) سنگ‌های آندزیتی در پهنه‌های دگرسانی مختلف.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

HREEها روندی مانند LREEها دارند و در توده نفوذی در همه دگرسانی‌ها غنی‌شدگی نشان می‌دهند، به جز Lu که با کاهش جرم همراه است. HREEها در سنگ میزبان آندزیتی با دگرسانی‌های سیلیسی و پروپیلیتی غنی‌شدگی دارند و در پهنه کلریتی-سریسیتی-کربناتی با تهی‌شدگی همراه هستند (شکل-های ۹ پ و ت). تهی‌شدگی و خروج LREEها و HREEها نشانگر نقش مهم سیال‌های درونزاد در گسترش و تکامل دگرسانی‌ها و نقش فعالیت بالای یون‌های کمپلکس‌ساز در سیال‌های دگرسان کننده است، که شرایط مناسب برای جذب و روبش لانتانیدها فراهم نشده است [۲۱]. غنی‌شدگی آن‌ها نیز بیانگر حضور کانی‌هایی چون کائولینیت، مونت‌موریلونیت و ایلیت برای جذب و روبش لانتانیدها بوده که نقش آن‌ها در تثبیت لانتانیدها به ویژه LREEها به اثبات رسیده است [۴۲].

بررسی عناصر خاکی نادر در گستره معدنی تازه‌کند

بررسی تمرکز و چگونگی توزیع REEها در ۹۰ نمونه سنگ میزبان آندریتی، توده نفوذی و رگه‌های دربردارنده کانه‌سازی سولفیدی± اکسیدی در گستره معدنی تازه‌کند (جدول ۳) نشان می‌دهد که تمرکز عناصر خاکی نادر ($\sum$REE) در همه نمونه‌ها به نسبت بالا بوده و مقادیر آن‌ها از ۲۲۶/۷۸ تا ppm ۴۲/۲۳ در تغییر است. تغییرات LREEها طی دگرسانی روند افزایشی نشان می‌دهند و مقادیر آن‌ها در گستره ppm ۱۷۷- ۲۹ در تغییر است و مقادیر HREE نشان می‌دهد که این عناصر به طور کلی طی فرآیند دگرسانی در منطقه، نسبت به LREEها کاهش یافته است و مقادیر آن‌ها در گستره ppm ۱۲/۵ - ۴۸/۸ قرار دارد. نسبت LREEها به HREEها حدود ppm ۱/۷۵ - ۸/۵۲ است، که بیانگر غنی‌شدگی LREEهاست. سیال‌های گرمابی غنی از Cl دارای ویژگی‌هایی چون غنی-شدگی از LREEها و مقادیر کمتر از یک برای Hf/Sm، Nb/La و Th/La هستند. سیال‌های غنی از F نیز از LREEها و HFSEها غنی بوده و نسبت های Hf/Sm، Nb/La و Th/La آن‌ها بیشتر از یک هستند [۴۳].

توزیع عناصر خاکی نادر در نمونه‌های توده نفوذی و آندزیت به نسبت سالم

الگوی توزیع عناصر خاکی نادر بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در توده نفوذی به نسبت سالم دارای شیب منفی کم از LREEها به سمت HREEهاست. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب برابر با ۴۰/۲۳، ۱۳/۹۵، ۱/۰۷، ۰/۶۵ و ۰/۲۸ بوده، که نشانگر مقادیر پایین عناصر خاکی نادر در توده نفوذی هستند. Ce و Eu در این نمونه‌ها بی‌هنجاری مثبت نشان داده‌اند. توزیع عناصر خاکی نادر در سنگ آندزیتی سالم نیز دارای شیب منفی کم از LREE به سمت HREEهاست (شکل ۱۰ الف). به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت-های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب برابر با ۱۲۰/۲۴، ۳۷/۰۸، ۰/۵۳، ۰/۴۳ و ۰/۲۱ هستند که نسبت به توده نفوذی مقدار عناصر خاکی نادر بالایی دارند. Ce بی‌هنجاری مثبت و Eu بی‌هنجاری منفی نشان می‌دهد. در نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، الگوی جدایش یافته‌ای وجود دارد، به طوری که LREEها و LILEها نسبت به HREEها غنی‌شدگی مشخصی را نشان می‌دهند و در کل از Cs تا Lu یک روند کاهشی دیده می‌شود. براساس این نمودار، در نمونه‌های مربوط به توده نفوذی عناصر Pb، Sr، U و Ba بی‌هنجاری مثبت و Rb، Nb، Y و Th بی‌هنجاری منفی نشان می‌دهند. غنی‌شدگی Sr می‌تواند در ارتباط با پلاژیوکلازهای سالم و بدون دگرسانی باشد. این در حالی است که در سنگ آندزیتی Pb، U، Ta و Rb بی هنجاری مثبت و Ti، Th و Nb بی هنجاری منفی نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۰ الف و ب).

توزیع عناصر خاکی نادر در دگرسانی آرژیلیک

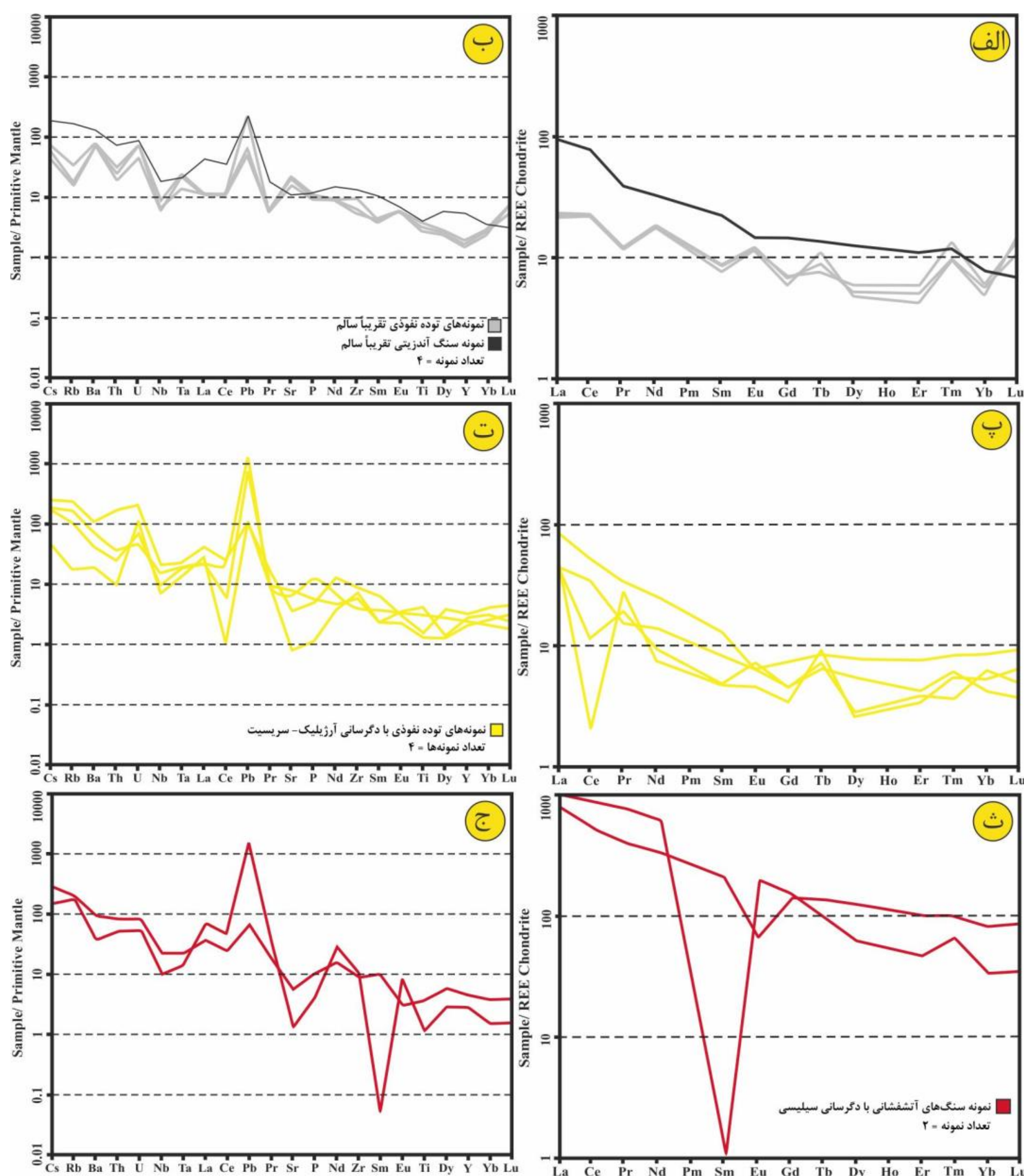
الگوی کلی توزیع REEها بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در سنگ میزبان توده نفوذی با دگرسانی آرژیلیک یک شیب منفی مشخص از LREEها به سمت HREEها را نشان می-دهد که نشانگر جدایش و غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها طی فرآیند دگرسانی آرژیلی است. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب برابر با ۵۱/۹۶، ۱۷/۱۱، ۰/۸۷، ۰/۴۷ و ۰/۲۲ هستند. تهی‌شدگی بیشتر REEها به ویژه در ۳ نمونه از دگرسانی آرژیلیک نسبت به سنگ اولیه دیده می‌شود. بر اساس نتایج تجزیه کانی‌شناسی (XRD)، این نمونه‌ها دارای کانی‌های آلونیت، دیکیت، مونتموریلونیت، آلبیت، کوارتز و مسکویت بوده که فازهای کانیایی رایج در دگرسانی آرژیلیک پیشرفته هستند که در اثر واکنش سیال‌های به شدت اسیدی، شستشوی کامل عناصر قلیایی و تخریب کامل فلدسپارها و فازهای سیلیکاتی مافیک تشکیل می‌شوند [۲].

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

جدول ۳ نتایج محاسبات انجام شده برای عناصر خاکی نادر و کمیاب بر اساس داده‌های تجزیه شیمیایی توده‌های نفوذی و واحدهای آتشفشانی گستره معدنی تازه‌کند به روش ICP-MS بر حسب ppm، که ۹ نمونه اول سطحی و ۸۱ نمونه زیر سطحی همراه با عمق مشخص شده‌اند.

نمونه	LREE	HREE	LREE/	∑REE	Eu/Eu*	Ce/Ce*	Pr/Pr*	(La/Sm)n	Sm/Yb	La/Sm	(La/Yb)n	(Gd/Yb)n	Th/la	Nb/la	Hf/sm	Co/Ni
S-TZ-T2-1	۴۰/۷۵	۱۲/۴۹	۳/۲۶	۵۳/۲۴	۱/۷۴	۱/۲۸	۰/۶۱	۲/۹۳	۱/۴۸	۴/۸۶	۴/۸۴	۱/۲۳	۰/۳۵	۰/۷۸	۱/۰۷	۱/۲
S-TZK-06	۴۰/۰۴	۱۵/۶۲	۲/۵۶	۵۵/۶۶	۱/۴	۱/۳۳	۰/۶۱	۲/۳۵	۱/۳۷	۳/۹	۳/۶۱	۱/۱۸	۰/۲۲	۰/۵۶	۰/۹۵	۱/۴۷
S-TZK-13	۳۹/۹۱	۱۳/۷۳	۲/۹۱	۵۳/۶۴	۱/۵۳	۱/۳	۰/۵۹	۲/۴۸	۱/۴۳	۴/۱۱	۳/۹۶	۱/۲۲	۰/۲۸	۰/۶	۱/۲	۱/۴۳
S-TZK-07	۹۱/۸۶	۲۲/۸۳	۴/۰۲	۱۱۴/۶۹	۰/۶۱	۰/۸۵	۰/۹۵	۶/۳۸	۱/۴۲	۱۰/۵۹	۱۰/۱۴	۰/۸۹	۰/۴۸	۰/۴۹	۱/۲۴	۰/۱۵
S-TZK-11	۲۹/۰۳	۱۳/۲	۲/۲	۴۲/۲۳	۱/۰۹	۰/۰۵	۷/۴۶	۱۱/۶۷	۰/۸۳	۱۹/۳۵	۱۰/۸۶	۰/۶۵	۰/۰۴	۰/۲۵	۰/۴۳	۰/۶
S-TZ-2-1	۳۲/۴۲	۱۶/۷۷	۱/۹۳	۴۹/۱۹	۱/۴۷	۰/۳۶	۱/۹	۸/۵	۰/۷۳	۱۴/۱	۶/۹۳	۰/۷۳	۰/۱۴	۰/۴۵	۱/۲۹	۱/۲۳
S-TZK-04	۵۴/۵۲	۱۵/۶۳	۳/۴۹	۷۰/۱۵	۱/۰۴	۱/۱۴	۰/۷۲	۵/۱۸	۱/۸۱	۸/۵۹	۱۰/۵۱	۱/۰۹	۰/۲	۰/۷۱	۰/۵۱	۴
S-TZK-14	۹۶/۰۷	۳۲/۱	۲/۹۹	۱۲۸/۱۷	۰/۳۸	۰/۹	۰/۹۶	۳/۷۱	۲/۲۹	۶/۱۵	۹/۵۴	۱/۷۵	۰/۲۹	۰/۶۳	۰/۸۱	۱/۸
S-TAK-Si	۱۷۷/۰۵	۲۰/۷۷	۸/۵۲	۱۹۷/۸۲	۱۴/۵۵	۰/۹	۰/۹۹	۱۴۱۶	۰/۰۳	۲۳۵۰	۴۵/۳۷	۴/۵۵	۰/۰۹	۰/۱۵	۶۶/۵	۱/۰۳
BH1-60-70	۷۳/۵۶	۳۱/۳۳۴	۲/۳۵	۱۰۴/۹	۰/۸۲	۱/۰۱	۰/۸۸	۲/۸۲	۲/۲۷	۴/۶۸	۷/۱۸	۱/۷۲	۰/۲۴	۰/۶۱	۰/۳۴	۱/۶۴
BH1-70-73	۷۹/۲	۳۳/۰۹	۲/۳۹	۱۱۲/۲۹	۰/۷۱	۱/۰۶	۰/۸۹	۳	۲/۲۶	۴/۹۷	۷/۶	۱/۷۹	۰/۱۷	۰/۶۶	۰/۳۶	۱/۳۶
BH1-73-76	۸۷/۵	۳۰/۳۶	۲/۸۸	۱۱۷/۸۶	۰/۸۱	۱/۰۶	۰/۸۹	۳/۲۴	۲/۶۶	۵/۳۸	۹/۶۵	۱/۹	۰/۱۵	۰/۵۳	۰/۳۱	۲/۰۱
BH1-76-79	۹۵/۵۵	۲۹/۴۳	۳/۲۵	۱۲۴/۹۸	۰/۷۹	۱/۰۵	۰/۹۱	۳/۳۷	۲/۸۱	۵/۶	۱۰/۶۲	۱/۹	۰/۱۶	۰/۴۷	۰/۴۲	۱/۲۶
BH1-79-82	۷۹/۷۴	۲۸/۰۱	۲/۸۵	۱۰۷/۷۵	۰/۷۲	۱/۰۹	۰/۸۸	۳/۱۴	۲/۴۶	۵/۲۲	۸/۶۹	۱/۷۴	۰/۱۷	۰/۵۸	۰/۴	۰/۷۹
BH1-82-85	۷۵/۴۶	۳۰/۳۷	۲/۴۸	۱۰۵/۸۳	۰/۸۵	۱/۰۷	۰/۸۷	۲/۸۵	۲/۲۴	۴/۷۴	۷/۱۸	۱/۷	۰/۱۷	۰/۵۵	۰/۴۸	۰/۵۵
BH1-85-88	۶۹/۰۷	۲۴/۱۸	۲/۸۶	۹۳/۲۵	۰/۸۱	۰/۹۹	۰/۸۸	۳/۲۸	۲/۸۴	۵/۴۵	۱۰/۴۴	۲/۰۱	۰/۱۲	۰/۵۱	۰/۲۱	۱/۶۷
BH1-88-91	۶۶/۷۵	۲۴/۱۸	۲/۷۶	۹۰/۹۳	۰/۹۳	۱	۰/۸۸	۳/۲	۲/۵۱	۵/۳۲	۹/۰۱	۱/۶۵	۰/۱۸	۰/۵۳	۰/۴۵	۲/۰۶
BH1-91-94	۷۸/۷۲	۲۸/۲۴	۲/۷۹	۱۰۶/۹۶	۰/۸۲	۱/۰۷	۰/۸۷	۳/۱۸	۲/۴۴	۵/۲۸	۸/۶۹	۱/۷۵	۰/۱۸	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۷۸
BH1-94-97	۸۰/۹۲	۲۹/۷۴	۲/۷۲	۱۱۰/۶۶	۰/۸۵	۱/۰۳	۰/۸۷	۳/۱	۲/۸۴	۵/۱۵	۹/۸۸	۲/۱۳	۰/۱۵	۰/۴۸	۰/۳۲	۰/۸۴
BH1-97-100	۷۳/۹۴	۲۸/۰۳	۲/۶۴	۱۰۱/۹۷	۰/۶۹	۱/۰۸	۰/۸۶	۳/۲۳	۲/۶۴	۵/۳۶	۹/۵۷	۱/۹۴	۰/۱۸	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۹۷
BH1-100-103	۵۹/۱۷	۳۳/۸۷	۱/۷۵	۹۳/۰۴	۰/۸۱	۱/۰۳	۰/۸۸	۲/۳۷	۲/۰۷	۳/۹۳	۵/۴۹	۱/۷۶	۰/۲۱	۰/۷۸	۰/۳۱	۲/۶۵
BH1-103-106	۷۳/۲۲	۳۱/۲۷	۲/۳۴	۱۰۴/۴۹	۰/۷۴	۱/۱	۰/۸۵	۲/۶۷	۲/۲۶	۴/۴۳	۶/۷۶	۱/۷	۰/۲	۰/۶۸	۰/۲۹	۰/۹۷
BH1-106-109	۸۰/۸۷	۲۹/۸۶	۲/۷۱	۱۱۰/۷۲	۰/۸۵	۱/۱۴	۰/۸۳	۲/۹۹	۲/۵۹	۴/۹۶	۸/۶۹	۱/۸۵	۰/۱۶	۰/۵۸	۰/۲۷	۰/۶۴
BH1-109-112	۵۴/۳۵	۲۱/۳۳	۲/۵۵	۷۵/۶۸	۰/۶۳	۱/۱۱	۰/۸	۳/۵۱	۲/۰۳	۵/۸۳	۷/۹۹	۱/۳۹	۰/۲۵	۰/۹۵	۰/۳۶	۰/۸۲
BH1-112-115	۸۴/۴۶	۳۲	۲/۶۴	۱۱۶/۴۶	۰/۷۷	۱/۰۵	۰/۸۹	۲/۹۶	۲/۲۸	۴/۹۱	۷/۵۵	۱/۷	۰/۱۸	۰/۶۲	۰/۳	۰/۶۷
BH1-115-118	۵۹/۹۶	۲۶/۸۹	۲/۲۳	۸۶/۸۵	۰/۷۱	۱/۱۸	۰/۸۱	۲/۸۹	۲/۰۸	۴/۸	۶/۷۶	۱/۵۸	۰/۲۳	۰/۸۸	۰/۲۱	۰/۹۹
BH1-118-121	۸۸/۶۳	۲۸/۴۸	۳/۱۱	۱۱۷/۱۱	۰/۷	۱/۰۵	۰/۹	۳/۶۲	۲/۵	۶	۱۰/۱۴	۱/۸۱	۰/۱۸	۰/۶۳	۰/۲۴	۱/۰۸
BH1-121-124	۸۵/۷۲	۲۹/۸۲	۲/۸۷	۱۱۵/۵۴	۰/۸۶	۱/۰۹	۰/۸۵	۳/۵	۲/۲۹	۵/۸۱	۹/۰۱	۱/۷۲	۰/۱۹	۰/۵۸	۰/۴۲	۱/۲۵
BH1-124-127	۷۲/۳۴	۲۷/۸۲	۲/۶	۱۰۰/۱۶	۰/۸۵	۱/۱۲	۰/۸۳	۳/۲۸	۲/۲۳	۵/۴۵	۸/۲	۱/۵۶	۰/۲	۰/۵۹	۰/۳۴	۰/۷۸
BH1-127-130	۹۴/۰۷	۳۱/۴۷	۲/۹۹	۱۲۵/۵۴	۰/۷۲	۱/۰۷	۰/۸۹	۳/۴۵	۲/۴	۵/۷۳	۹/۲۹	۱/۷۳	۰/۲۱	۰/۶	۰/۳	۱/۳۳
BH1-130-133	۹۷/۲۴	۲۶/۹۸	۳/۶	۱۲۴/۲۲	۰/۷۵	۱/۰۷	۰/۸۹	۳/۷۹	۳/۰۵	۶/۲۸	۱۲/۹۵	۱/۹۸	۰/۱۹	۰/۶	۰/۲	۲/۰۵
BH1-133-136	۷۷/۱۷	۲۷/۶۱	۲/۸	۱۰۴/۷۸	۰/۹۱	۱/۱۴	۰/۸۳	۳/۴۹	۲/۰۷	۵/۷۹	۸/۱۱	۱/۴۳	۰/۳	۰/۵۴	۰/۵۸	۱/۶
BH1-141-146	۱۰۴/۲	۳۰/۳۱	۳/۴۴	۱۳۴/۵۱	۰/۷۳	۱/۱۱	۰/۸۷	۴/۷۱	۱/۸۵	۷/۸۱	۹/۷۶	۱/۲۵	۰/۵۵	۰/۵	۰/۹۱	۱/۷۸
BH1-146-151	۱۱۳/۴۹	۳۰/۱۴	۳/۷۷	۱۴۳/۶۳	۰/۷۳	۱/۰۶	۰/۸۷	۵/۲۶	۲/۰۲	۸/۷۲	۱۱/۹۲	۱/۳۶	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۸۱	۱/۳۶
BH1-151-154	۱۱۴/۷۱	۲۹/۹۴	۳/۸۳	۱۴۴/۶۵	۰/۷۷	۱/۰۸	۰/۸۶	۵/۲	۲/۰۵	۸/۶۲	۱۱/۹۲	۱/۳۵	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۸۳	۱/۶۹
BH1-154-157	۷۴/۲۴	۲۵/۴۲	۲/۹۲	۹۹/۶۶	۰/۷۵	۱/۰۷	۰/۸۳	۵/۲۹	۱/۵۲	۸/۷۷	۹/۰۱	۱/۰۱	۰/۵۷	۰/۵۱	۱/۰۸	۵/۵۵
BH1-157-160	۶۹/۰۶	۲۴/۴۶	۲/۸۲	۹۳/۵۲	۰/۷۲	۱/۱	۰/۸۴	۴/۱۳	۱/۶۵	۶/۸۵	۷/۶۶	۱/۰۹	۰/۵۳	۰/۵۹	۰/۸۳	۴/۴۳
BH1-160-163	۶۵/۰۹	۲۷/۳۷	۲/۳۸	۹۲/۴۶	۰/۸۵	۱/۰۸	۰/۸۲	۳/۴۳	۲/۰۱	۵/۶۹	۷/۷۲	۱/۴۸	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۵۸	۱/۳۹
BH1-163-166	۵۶/۷۵	۲۸/۳۵	۲	۸۵/۱	۰/۹۳	۱	۰/۸۱	۲/۸۸	۲/۰۹	۴/۷۸	۶/۷۶	۱/۶۸	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۳۶	۱/۰۸
BH1-166-169	۶۶/۳۸	۲۷/۰۹	۲/۴۵	۹۳/۴۷	۰/۸۷	۱/۰۶	۰/۸۴	۳/۳۷	۱/۹۱	۵/۵۹	۷/۲۱	۱/۴۵	۰/۳۰	۰/۴۶	۰/۶۲	۲/۵۵
BH1-169-172	۶۴/۹۶	۲۵/۶۸	۲/۵۳	۹۰/۶۴	۰/۶۹	۱/۰۶	۰/۸۷	۳/۷۱	۱/۷۳	۶/۱۵	۷/۲۱	۱/۳	۰/۴۵	۰/۵۳	۰/۷۹	۱/۶۹
BH1-172-175	۱۰۳/۴۶	۲۹/۰۲	۳/۵۷	۱۳۲/۴۸	۰/۶۶	۱/۱۵	۰/۸۴	۵/۱	۱/۷۱	۸/۴۷	۹/۷۶	۱/۱۵	۰/۵۱	۰/۴۴	۱/۱۱	۱/۳۶
BH1-175-178	۷۲/۲۶	۲۷/۵۲	۲/۶۳	۹۹/۷۷	۰/۹۱	۱/۰۸	۰/۸۲	۳/۸۱	۱/۹	۶/۳۲	۸/۱۱	۱/۳۷	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۶۷	۱/۳۹
BH1-178-181	۵۶/۶۰	۲۵/۱۹	۲/۲۵	۸۱/۷۹	۱/۱۸	۱/۰۹	۰/۷۱	۳/۰۷	۲/۱۲	۵/۰۹	۷/۲۸	۱/۳۵	۰/۱۵	۰/۳۹	۰/۴۹	۱/۸۵
BH1-181-184	۵۵/۲۴	۲۵/۶	۲/۱۶	۸۰/۸۴	۱/۲۷	۱/۱۶	۰/۶۹	۲/۹	۲/۰۸	۴/۸۱	۶/۷۶	۱/۳۶	۰/۱	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۹۴
BH1-184-187	۶۱/۹	۲۷/۷۹	۲/۲۳	۸۹/۶۹	۱/۲۴	۱/۰۴	۰/۸	۲/۴۲	۲/۱۸	۴/۰۱	۵/۹۱	۱/۴۸	۰/۱۶	۰/۳۵	۰/۴۳	۱/۱۱
BH1-187-190	۵۷/۹۵	۲۵/۷۵	۲/۲۵	۸۳/۷	۱/۲	۱/۰۵	۰/۷۶	۲/۸۵	۲/۱۱	۴/۷۳	۶/۷۶	۱/۳۹	۰/۱۸	۰/۳۶	۰/۴۸	۱/۴۷
BH1-190-193	۵۵/۸۴	۲۵/۶۹	۲/۱۷	۸۱/۵۳	۱/۲۶	۱/۰۷	۰/۷۷	۲/۶۷	۲/۰۹	۴/۴۴	۶/۲۷	۱/۳۹	۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۵	۰/۸۱
BH1-193-196	۵۲	۲۵/۱۷	۲/۰۷	۷۷/۱۷	۱/۲۲	۱/۰۸	۰/۷۳	۲/۵۱	۲/۲۲	۴/۱۷	۶/۲۴	۱/۴۵	۰/۱۳	۰/۳۸	۰/۴۲	۱/۲۳
BH1-196-199	۵۴/۰۳	۲۶/۲۷	۲/۰۶	۸۰/۳	۱/۲	۱/۰۹	۰/۷۷	۲/۴	۲/۳۲	۳/۹۹	۶/۲۴	۱/۷۲	۰/۰۹	۰/۳۶	۰/۳۲	۱/۳۱
BH1-199-202	۵۲/۰۱	۲۵/۶۶	۲/۰۳	۷۷/۶۷	۱/۱۹	۱/۰۷	۰/۷۷	۲/۴۹	۲/۲۳	۴/۱۴	۶/۲۴	۱/۵۲	۰/۱	۰/۳۷	۰/۳۷	۱/۵۱
BH1-202-206	۵۵/۸۸	۲۵/۸۲	۲/۱۶	۸۱/۷	۱/۱۱	۱/۱۴	۰/۷۱	۲/۷۹	۲/۱۶	۴/۶۳	۶/۷۶	۱/۵۱	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۴۴	۱/۳۴
BH1-206-210	۵۵/۵۲	۲۵/۶۲	۲/۱۷	۸۱/۱۴	۱/۱۸	۱/۱۵	۰/۶۹	۲/۸۲	۱/۹۹	۴/۶۸	۶/۲۷	۱/۳۴	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۴۶	۱/۳۸
BH1-210-214	۵۶/۳۱	۲۶/۰۶	۲/۱۶	۸۲/۳۷	۱/۱۵	۱/۱۴	۰/۷۱	۲/۷۴	۲/۰۴	۴/۵۵	۶/۲۷	۱/۴۱	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۹
BH1-214-218	۵۶/۷۵	۲۸/۳۵	۲	۸۵/۱	۰/۹۳	۱	۰/۸۱	۲/۸۸	۲/۰۹	۴/۷۸	۶/۷۶	۱/۶۸	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۳۶	۱/۰۸
BH1-218-222	۵۲/۹۷	۲۶/۷۹	۱/۹۸	۷۹/۷۶	۱/۰۸	۱/۰۸	۰/۷	۲/۷۲	۲/۲۲	۴/۵۱	۶/۷۶	۱/۴۷	۰/۱۱	۰/۳۲	۰/۳۸	۱/۶۶
BH1-222-226	۶۰/۷۳	۲۷/۹۱	۲/۱۸	۸۸/۶۴	۱/۰۶	۱/۰۷	۰/۷۴	۳/۰۳	۲/۴۸	۵/۰۳	۸/۴۵	۱/۹	۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۳۴	۱/۴
BH1-226-230	۵۰/۴۱	۲۳/۶۶	۲/۱۳	۷۴/۰۷	۱/۳۷	۱/۱۳	۰/۶۶	۲/۵۳	۲/۶	۴/۲	۷/۳۷	۱/۴۷	۰/۰۸	۰/۳۲	۰/۳۱	۰/۹۸
BH1-230-234	۵۸/۵۶	۲۷/۴	۲/۱۴	۸۵/۹۶	۱/۱۷	۱/۱۱	۰/۷۲	۲/۸۳	۲/۲۹	۴/۷	۷/۲۸	۱/۵۹	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۳۶	۱/۱۳
BH1-234-238	۵۳/۹۸	۲۵/۸	۲/۰۹	۷۹/۷۸	۱/۱۶	۱/۱۳	۰/۶۸	۲/۸	۲/۱۵	۴/۶۴	۶/۷۶	۱/۳۲	۰/۱۱	۰/۳۱	۰/۴۵	۱/۰۲
BH1-238-242	۵۷/۴۸	۲۶/۷۸	۲/۱۵	۸۴/۲۶	۱/۰۶	۱/۱۷	۰/۷	۲/۶۶	۲/۲۷	۴/۴۱	۶/۷۶	۱/۵۷	۰/۱۳	۰/۳۵	۰/۴۱	۱/۲۷
BH1-242-246	۵۷/۳۲	۲۶/۳۳	۲/۱۸	۸۳/۶۵	۱/۱۸	۱/۰۸	۰/۷۱	۲/۹۸	۲/۱۸	۴/۹۵	۷/۲۸	۱/۵۴	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۳۵	۱/۶۶
BH1-246-250	۵۴/۵۴	۲۶/۰۱	۲/۱	۸۰/۵۵	۱/۲۳	۱/۱	۰/۷۲	۲/۸	۲/۳۳	۴/۶۴	۷/۳۲	۱/۶۲	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۴	۱/۴۹
BH1-250-254	۵۶/۹۳	۲۷/۶۴	۲/۰۶	۸۴/۵۷	۱/۲۴	۱/۰۳	۰/۷۵	۲/۷۴	۲/۳۷	۴/۵۵	۷/۲۸	۱/۷۷	۰/۰۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۱/۵۵
BH1-254-258	۵۵/۴۳	۲۷/۵۱	۲/۰۱	۸۲/۹۴	۱/۱۳	۱/۱	۰/۷۱	۲/۶۶	۲/۲۷	۴/۴۱	۶/۷۶	۱/۶۷	۰/۰۷	۰/۳	۰/۳۱	۱/۳۸
BH1-258-262	۵۱/۰۴	۲۵	۲/۰۴	۷۶/۰۴	۱/۱۷	۱/۱۱	۰/۶۹	۲/۶	۲/۱۴	۴/۳۲	۶/۲۴	۱/۴	۰/۰۹	۰/۳۳	۰/۳۳	۱/۳
BH1-262-266	۵۲/۲۵	۲۵/۵۵	۲/۰۵	۷۷/۸	۱/۲۳	۱/۱۵	۰/۶۹	۲/۶۹	۲/۰۷	۴/۴۶	۶/۲۴	۱/۴۱	۰/۰۹	۰/۳۴	۰/۳۵	۱/۳۶
BH1-266-270	۵۴/۷۶	۲۵/۹۱	۲/۱۱	۸۰/۶۷	۱/۱۳	۱/۱	۰/۷۴	۲/۷۶	۲/۱۸	۴/۵۸	۶/۷۶	۱/۵۱	۰/۱	۰/۳۱	۰/۳۹	۱/۵۸
BH1-270-274	۴۹/۹۵	۲۳/۵۱	۲/۱۲	۷۳/۴۶	۱/۳۲	۱/۰۵	۰/۷۵	۲/۶۹	۲/۴۵	۴/۴۶	۷/۳۷	۱/۶۲	۰/۰۷	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۷۹
BH1-274-278	۸۳/۲۲	۳۱/۰۱	۲/۶۸	۱۱۴/۲۳	۰/۹۸	۱/۰۶	۰/۸۲	۳/۲۷	۲/۴۶	۵/۴۲	۹/۰۱	۱/۶۸	۰/۱۷	۰/۴	۰/۳۲	۱/۹۵
BH1-278-282	۱۲۷/۶۲	۳۹/۹۲	۳/۲	۱۶۷/۵۴	۰/۷۹	۱/۱	۰/۸۴	۳/۸۶	۲/۵۵	۶/۴	۱۱/۰۲	۱/۸۱	۰/۲۱	۰/۴۹	۰/۴	۲/۱۲
BH1-282-286	۱۲۳/۱۴	۴۰/۳	۳/۰۶	۱۶۳/۴۴	۰/۷۷	۱/۱۲	۰/۸	۴/۲۵	۲/۴۴	۷/۰۵	۱۱/۶۴	۱/۶۳	۰/۲	۰/۴۱	۰/۴۸	۲/۳۳
BH1-286-290	۱۲۸/۸۲	۳۹/۴۵	۳/۲۷	۱۶۸/۲۷	۰/۷۹	۱/۱۵	۰/۸	۴/۰۷	۲/۴۲	۶/۷۵	۱۱/۰۲	۱/۷۱	۰/۲۲	۰/۴۹	۰/۵۴	۲/۵۴
BH1-290-294	۱۲۰/۴۲	۳۷/۰۸	۳/۲۵	۱۵۷/۵	۰/۷۸	۱/۱۵	۰/۸	۴/۰۴	۲/۷۱	۶/۷	۱۲/۲۵	۱/۸۹	۰/۲۱	۰/۴۳	۰/۵۳	۲/۴۶
BH1-294-298	۱۲۰/۵۵	۳۶/۶۲	۳/۲۹	۱۵۷/۱۷	۰/۷۷	۱/۱	۰/۸۷	۳/۹	۲/۵۵	۶/۴۷	۱۱/۱۳	۱/۸۲	۰/۲۴	۰/۴۲	۰/۶۳	۲/۲۸
BH1-298-304	۱۲۷/۷	۳۹	۳/۲۷	۱۶۶/۷	۰/۷۹	۱/۱۳	۰/۸۲	۴/۰۴	۲/۵۷	۶/۷۱	۱۱/۶۴	۱/۸۱	۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۶۳	۲/۵۳
BH1-5-400-410	۱۶۲/۱۶	۳۹/۱۶	۴/۱۴	۲۰۱/۳۲	۰/۷۷	۰/۹۳	۱	۲/۹	۳/۲۵	۴/۸۲	۱۰/۵۸	۲/۱۷	۰/۲۶	۰/۵۳	۰/۳۷	۳/۲۳
BH1-400-410	۱۴۷/۰۸	۳۹/۳۶	۳/۷۴	۱۸۶/۴۴	۰/۶۳	۱/۱۴	۰/۸۶	۴/۰۳	۳/۱۸	۶/۶۸	۱۴/۳۶	۲/۲۴	۰/۱۹	۰/۳۱	۰/۴۵	۳/۶۳
BH1-5-410-420	۱۷۷/۹۴	۴۸/۸۴	۳/۶۴	۲۲۶/۷۸	۰/۷۱	۰/۸۹	۱/۰۶	۲/۷۴	۲/۶	۴/۵۵	۷/۹۹	۱/۷۸	۰/۲۹	۰/۵۱	۰/۶۳	۶/۷
BH1-410-420	۱۳۱/۹۱	۳۷/۸۵	۳/۴۹	۱۶۹/۷۶	۰/۶۷	۱/۱۲	۰/۸۷	۳/۸۸	۳/۲۱	۶/۴۴	۱۳/۹۶	۲/۱۸	۰/۲	۰/۴۱	۰/۳۴	۲/۷
BH1-5-420-430	۱۶۲/۷۵	۴۰/۴۵	۴/۰۲	۲۰۳/۲	۰/۷۵	۰/۸۶	۱/۰۷	۲/۷۵	۳/۴۳	۴/۵۷	۱۰/۵۸	۲/۲۹	۰/۲۹	۰/۵۱	۰/۳۳	۵/۱۳
BH1-420-430	۱۲۷/۲۶	۳۴/۴۱	۳/۷	۱۶۱/۶۷	۰/۶۸	۰/۹۷	۰/۸۹	۴/۰۹	۳/۷۴	۶/۷۹	۱۷/۱۵	۲/۵۷	۰/۱۹	۰/۴۹	۰/۱۴	۲/۸
BH1-5-430-440	۱۴۵/۴۵	۳۷/۹۶	۳/۸۳	۱۸۳/۴۱	۰/۶۵	۰/۸۸	۱/۰۶	۲/۳۴	۳/۶۹	۳/۸۸	۹/۶۵	۲/۴۷	۰/۳۷	۰/۷۱	۰/۳۲	۳/۸
BH1-430-440	۱۳۳/۶۹	۳۵/۰۶	۳/۸۱	۱۶۸/۷۵	۰/۶۲	۱/۰۱	۰/۹۴	۳/۲۸	۴/۳۸	۵/۴۵	۱۶/۱۱	۳/۱۱	۰/۲۶	۰/۶۳	۰/۱۳	۲/۷۲
BH1-5-440-450	۱۴۷/۲۹	۳۸/۵۴	۳/۸۲	۱۸۵/۸۳	۰/۷۲	۰/۸۴	۱/۱۱	۲/۴۶	۳/۴۵	۴/۰۹	۹/۵۲	۲/۳	۰/۳۴	۰/۷۴	۰/۴	۴/۲۸
BH1-440-450	۱۳۵/۱۶	۳۶/۱	۳/۷۴	۱۷۱/۲۶	۰/۶۶	۱/۱۴	۰/۸۷	۳/۸	۳/۷۸	۶/۳	۱۶/۱۱	۲/۶۱	۰/۲۴	۰/۵۳	۰/۳۱	۲/۴۸
BH1-5-450-460	۱۳۸/۹۵	۴۰/۲۷	۳/۴۵	۱۷۹/۲۲	۰/۷	۰/۹۱	۱/۰۵	۲/۴۷	۲/۸۴	۴/۰۹	۷/۸۴	۱/۹۴	۰/۳۴	۰/۶۸	۰/۵۷	۳/۴۷
BH1-450-460	۱۲۱/۷۹	۳۶/۲۱	۳/۳۶	۱۵۸	۰/۷۱	۱/۰۹	۰/۸۷	۳/۸۳	۳/۰۴	۶/۳۶	۱۳/۰۶	۲/۱۳	۰/۲۱	۰/۵۹	۰/۴۲	۲/۲۶
BH1-5-460-470	۱۴۲/۷۳	۴۲/۸۱	۳/۳۳	۱۸۵/۵۴	۰/۷۴	۰/۸۷	۱/۰۸	۲/۴۹	۲/۶	۴/۱۳	۷/۲۴	۱/۸۱	۰/۳۵	۰/۶۸	۰/۵۶	۲/۶۸
BH1-460-470	۱۲۴/۰۲	۳۶/۷۵	۳/۳۷	۱۶۰/۷۷	۰/۸	۱/۱۵	۰/۸۱	۴/۲۵	۲/۸۳	۷/۰۶	۱۳/۵۱	۲/۰۳	۰/۱۷	۰/۴۹	۰/۵۲	۱/۵

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]



شکل ۱۰ الف) الگوی توزیع عناصر خاکی نادر نمونه‌های سطحی تقریباً سالم توده نفوذی و سنگ آندزیتی بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴]، ب) عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، پ) عناصر خاکی نادر نمونه‌های سطحی در پهنه دگرسانی آرژیلیک، بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴]، ت) عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، ث) عناصر خاکی نادر نمونه‌های سطحی در پهنه دگرسانی و کانه‌زایی سیلیسی بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] و ج) عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵].

در واقع، بیشترین تهی‌شدگی عناصر خاکی نادر در پهنه دگرسانی آرژیلیک پیشرفته دیده می‌شود که می‌تواند به علت حضور همبافت‌های کلریدی، شرایط اسیدی و نسبت بالای آب به سنگ باشد [۲۰]. عناصر Ce و Eu در این پهنه هر دو روند بی‌هنجاری منفی و مثبت را نشان می‌دهند. در نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، الگوی جدایش یافته‌ای دیده می‌شود، به طوری که LREEها و LILEها نسبت به HREEها غنی‌شدگی مشخصی را نشان می‌دهند و در کل از Cs تا Lu یک روند کاهشی دیده می‌شود. براساس این نمودار، عناصر Pb، Rb، Ba، Zr و U دارای بی هنجاری مثبت هستند و افزایش Rb در ارتباط با تشکیل کانی‌های رسی و سریسیت است. Sr، Y، Ce، Ti، Ta و Nb دارای بی هنجاری منفی هستند، که تهی‌شدگی شدید Sr در ارتباط با دگرسانی و تخریب پلاژیوکلازهاست (شکل ۱۰ پ و ت).

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

توزیع عناصر خاکی نادر در دگرسانی سیلیسی

الگوی کلی توزیع REEها به‌هنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در سنگ میزبان آندزیتی دگرسان شده سیلیسی دربردارنده کانی‌سازی یک شیب منفی مشخص از LREEها به سمت HREEها را نشان می‌دهد که نشانگر جدایش و غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها طی فرآیند دگرسانی است. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب برابر با ۱۳۶/۵۶، ۲۶/۴۴، ۳۳/۶۵، ۰/۳۹ و ۰/۱۹ هستند. در نمودار عنکبوتی مربوط به نمونه‌های دگرسانی سیلیسی، تغییرات عناصر خاکی نادر از روند مربوط به ترکیب سنگ اولیه توده نفوذی پیروی نمی‌کند بلکه تابع روند سنگ‌های آندزیتی منطقه است و غنی‌شدگی بیشتر REEها (بجز Sm) دیده می‌شود. در این پهنه، عنصر Ce بی‌هنجاری ندارد و عنصر Eu بی‌هنجاری منفی نشان می‌دهد. در نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، الگوی جدایش یافته‌ای دیده می‌شود که یک روند کاهشی از Cs تا Lu را نشان می‌دهد. براساس این نمودار، عناصر Pb، Rb، U، Dy و La دارای بی هنجاری مثبت هستند که افزایش Pb در ارتباط با کانه‌سازی گالن و افزایش Rb در ارتباط با تشکیل کانی‌های رسی و سریسیت است. نسبت به، عناصر Sr، Sm، Zr، Nb، Ta و Ti بی هنجاری منفی نشان می‌دهند (شکل‌های ۱۰ث و ج).

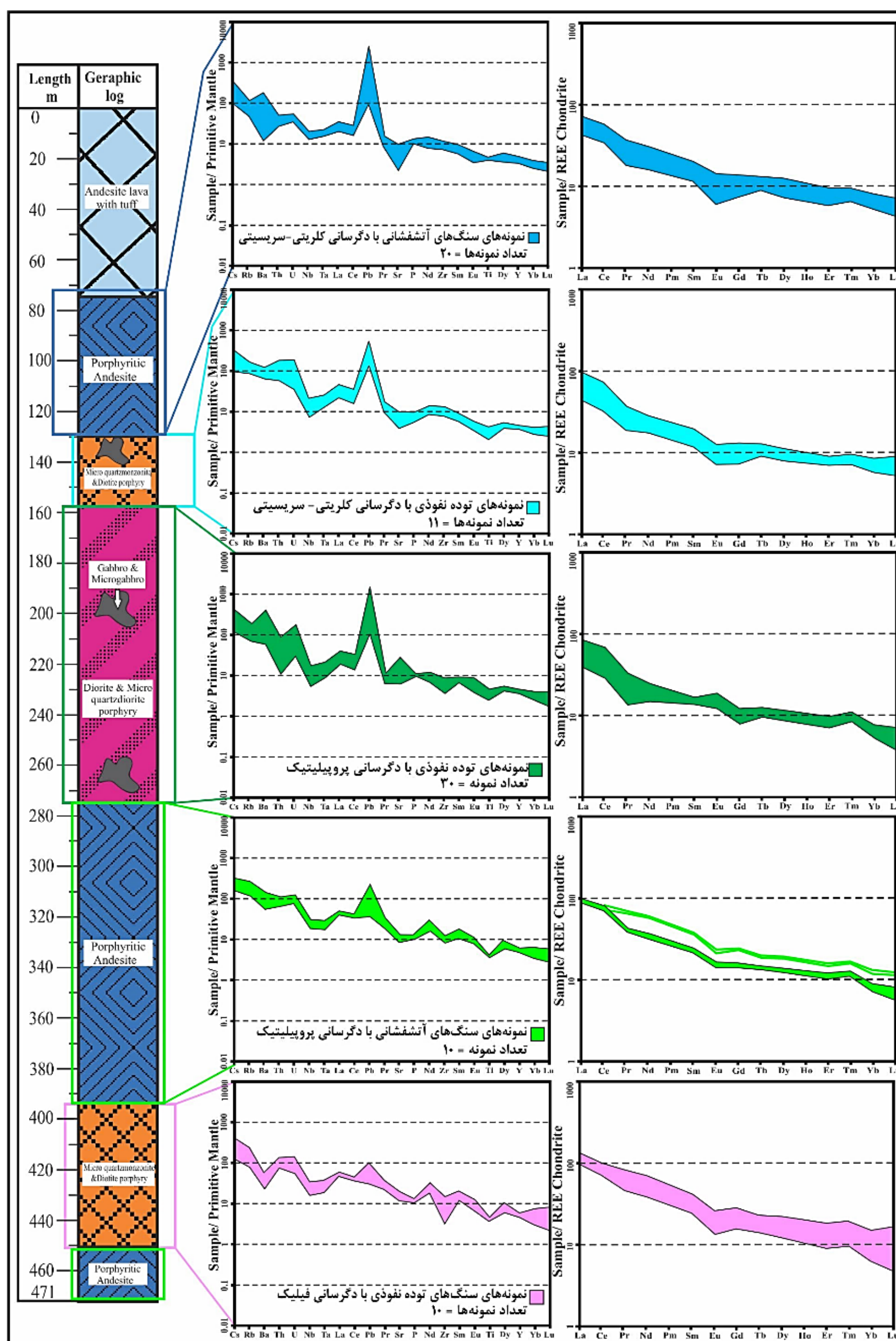
توزیع عناصر خاکی نادر در دگرسانی کلریتی –سریسیتی

الگوی کلی توزیع REE به‌هنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در سنگ میزبان آندزیتی و توده نفوذی دگرسان شده کلریتی- سریسیتی دربردارنده کانی‌سازی سولفیدی- اکسیدی نیز یک شیب تند منفی از LREEها به سمت HREEها را نشان می‌دهد که نشانگر جدایش و غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها طی فرآیند دگرسانی است و الگوی توزیع عناصر خاکی نادر در هر دو سنگ میزبان با هم همخوانی دارند. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب در سنگ میزبان آندزیتی برابر با ۷۵/۹۶، ۲۸/۹۲، ۰/۳۴، ۰/۶۲ و ۰/۱۸ و در سنگ میزبان توده نفوذی برابر با ۸۴/۷۶، ۲۸/۱۰، ۰/۶۵، ۰/۵۰ و ۰/۳۶ هستند. رخداد بی‌هنجاری مثبت Ce و منفی Eu در دگرسانی کلریتی- سریسیتی در هر دو سنگ میزبان برجسته است. نمودار عنکبوتی مربوط به نمونه‌های دگرسانی کلریتی- سریسیتی از روند تغییرات سنگ آندزیتی سالم پیروی می‌کند و تهی‌شدگی کم REEها دیده می‌شود. میزان تهی‌شدگیREEها در این دگرسانی‌ها و فراگیر بودن دگرسانی کلریتی- سریسیتی می‌تواند بیانگر نسبت بالای آب به سنگ سیال‌های مسئول دگرسانی باشد [۲۰]. نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، مانند سایر نمونه‌های دگرسانی‌ها، یک الگوی جدایش یافته را نشان می‌دهد و گویای روند کاهشی از Cs تا Lu است. براساس این نمودار، عناصر Rb، Ba، Pb، P و U نسبت به سنگ اولیه دارای بی هنجاری مثبت و عناصر Nb، Ta، Zr، Sr و Ti دارای بی هنجاری منفی هستند (شکل ۱۱).

توزیع عناصر خاکی نادر در دگرسانی پروپیلیتیک

الگوی کلی توزیع REEهای بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در سنگ میزبان آندزیتی و توده نفوذی همراه با دگرسانی پروپیلیتی نیز مانند سایر دگرسانی‌ها دارای یک شیب منفی مشخص از LREEها به سمت عناصر HREEها بوده که نشانگر جدایش و غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها طی فرآیند دگرسانی است. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب در سنگ میزبان آندزیتی برابر با ۱۲۷/۵۷، ۳۸/۸۴، ۰/۵۳، ۰/۵۱ و ۰/۲۴ و در سنگ میزبان توده نفوذی برابر با ۵۸/۶۸، ۲۶/۴۰، ۰/۴۴، ۰/۳۵ و ۰/۱۴ هستند. رخداد بی‌هنجاری‌های مثبت Ce و منفی Eu با سنگ میزبان آندزیتی و بی‌هنجاری مثبت Ce و Eu با سنگ میزبان توده نفوذی دیده می‌شود. در نمودار عنکبوتی مربوط به نمونه‌های دگرسانی پروپیلیتی با سنگ میزبان آندزیتی و توده نفوذی، تغییرات عناصر تقریباً از روند مربوط به سنگ اولیه سالم خود پیروی می‌کند و غنی‌شدگی جزئی بیشتر REEها دیده می‌شود، که می‌تواند به دلیل جذب سطحی توسط کانی‌هایی چون کلریت، اپیدوت و کانی‌های رسی باشد [۲۰]. در نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، الگوی جدایش یافته‌ای از LREEها و LILEها نسبت به HREEها همراه با یک روند کاهشی از Cs تا Lu دیده می‌شود و براساس این نمودار، عناصر Rb، Ba، U، Th، Sr، Pb و La دارای بی هنجاری مثبت هستند و Nb، Ta، Ti و Zr بی هنجاری منفی نشان می‌دهند (شکل ۱۱).

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]



شکل ۱۱ روند تغییرات عمقی الگوی توزیع عناصر خاکی نادر بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] و عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵] در پهنه‌های دگرسانی کلریتی- سریسیتی، پروپیلیتی و فیلیک در توده نفوذی و واحد آندزیت پورفیری.

توزیع عناصر خاکی نادر در دگرسانی فیلیک

الگوی کلی توزیع REEهای بهنجار شده نسبت به کندریت [۴۴] در سنگ میزبان توده نفوذی همراه با دگرسانی فیلیک یک شیب منفی مشخص از LREEها به سمت HREEها را نشان می‌دهد که نشانگر جدایش و غنی‌شدگی LREEها نسبت به HREEها طی فرآیند دگرسانی است. به طور میانگین، مجموع LREEها، HREEها و نسبت‌های Hf/Sm، Nb/La و Th/La به ترتیب ۱۴۷/۰۷، ۳۸/۷۷، ۰/۳۴، ۰/۵۳ و ۰/۲۶ هستند. همچنین رخداد بی‌هنجاری‌های مثبت Ce و منفی Eu در این دگرسانی دیده می‌شود. غنی‌شدگی بیشتر REEها قابل مشاهده است که می‌تواند به علت جذب سطحی توسط کانی‌های رسی و آلبیت باشد که ضریب همبستگی

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

مثبت و بالا با اکسیدهای SiO_2 و Na_2O نشان می‌دهند. در نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه [۴۵]، یک الگوی جدایش یافته‌ای دیده می‌شود، که یک روند کاهشی از Cs تا Lu نشان می‌دهند. طبق این نمودار عناصر Th، U، Dy و Pb دارای بی هنجاری مثبت بود و عناصر Ba، Ta، Nb، P، Ti و Zr بی هنجاری منفی نشان می‌دهند (شکل ۱۱).

بر پایه یافته‌های زمین‌شیمی عناصر خاکی نادر نمونه سنگ‌های آتشفشانی و توده نفوذی گستره معدنی تازه‌کند و تحلیل نمودارهای عنکبوتی بهنجار شده نسبت به کندریت و گوشته اولیه، غنی‌شدگی عناصر سنگ دوست درشت یون (Pb, Ba, Rb, Cs,U, K, Th) و LREEها و تهی‌شدگی عناصر با شدت میدان بلوری بالا (Ti, Y, Zr, Nb, Dy) و HREEها وجود دارد که شاخص فعالیت ماگمایی محیط‌های فرورانشی است [۴۶]. با توجه به الگوی مشابه و هم‌روند نمودارهای عنکبوتی در سنگ‌های آذرین تازه‌کند می‌توان این امر را نشانگر نزدیکی زایشی انواع سنگ‌ها و خاستگاه مشابه آنها دانست، همچنین می‌توان محیط زمین‌ساختی و به احتمال بسیار منبع مشابه را برای آن‌ها در نظر گرفت [۴۷].

تفسیر بی‌هنجاری‌های Eu و Ce

عناصر Eu و Ce در سامانه‌های زمین‌شناسی بیش از یک حالت اکسایشی ($Ce^{3+}, Ce^{4+}, Eu^{3+}, Eu^{2+}$) در طبیعت دارند و در الگوی بهنجار شده REEها به صورت غنی‌شدگی یا تهی‌شدگی نمایان می‌شوند [۴۸]. بنابراین تحلیل رفتار این دو عنصر نسبت به سایر REEها راهنمای خوبی برای درک تغییرات اکسایش-کاهش و pH محیط محسوب می‌شود. در این پژوهش برای اندازه‌گیری مقادیر بی‌هنجاری‌های Eu، Ce و Pr در مناطق دربردارنده کانی‌سازی و سنگ میزبان دگرسان شده آن‌ها به ترتیب از روابط زیر استفاده شد [۴۹] که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

$$Eu/Eu^{*}= Eu_N/[((Sm)_N \times (Gd)_N)^{1/2}] \quad (۲)$$

$$Ce/Ce^{*}=2Ce_N/(La_N + Pr_N) \quad (۳)$$

$$Pr/Pr^{*}= Pr_N/[((Ce)_N \times (Nd)_N)^{1/2}] \quad (۴)$$

در روابط بالا، حرف N بهنجار شدن عناصر نسبت به کندریت [۵۰] را نشان می‌دهد. برپایه محاسبات انجام شده، میانگین بی‌هنجاری Eu/Eu^*، Ce/Ce^* و Pr/Pr^* به ترتیب در سنگ‌های آندزیتی به نسبت سالم ۰٫۷۸، ۱٫۱۵ و ۰٫۸۰)، در سنگ‌های آندزیتی با دگرسانی سیلیسی ۷٫۴۶، ۰٫۹۰ و ۰٫۹۸، در سنگ‌های کلریتی-سریسیتی ۰٫۷۹، ۱٫۰۷ و ۰٫۸۷ و در سنگ‌های پروپلیتی ۰٫۷۶، ۱٫۰۸ و ۰٫۸۷ بدست آمدند. همچنین میانگین بی‌هنجاری Eu/Eu^*، Ce/Ce^* و Pr/Pr^* به ترتیب در توده نفوذی سالم ۱٫۵۶، ۱٫۳۰ و ۰٫۶۰، در توده نفوذی با دگرسانی آرژیلی ۱٫۰۵، ۰٫۶۰ و ۲٫۷۶)، با دگرسانی کلریتی-سریسیتی ۰٫۷۹، ۱٫۰۸ و ۰٫۸۵، با دگرسانی پروپیلیتی ۱٫۱۳، ۱٫۰۹ و ۰٫۷۴ و با دگرسانی فیلیک ۰٫۶۸، ۰٫۹۸ و ۰٫۹۷ هستند. فرآیندهای موثر در ته‌نشست عناصر خاکی نادر توسط محلول‌های گرمابی به عوامل مختلفی بستگی دارند. شرایط فیزیکوشیمیایی سیال گرمابی طی روند تکاملی آن‌ها دائم تغییر می‌کند. تغییر از جمله در Eh، pH و غلظت یون‌های کربناتی، فسفاتی و فلورایدی محلول، عامل اصلی ته‌نشست کانی‌های REEدار در سیال‌های گرمابی محسوب می‌شوند. بر پایه نتایج زمین‌شیمی، نمونه توده نفوذی تقریباً سالم، مقدار Eu/Eu^* و Ce/Ce^* بیش از یک و بی‌هنجاری مثبت Ce و Eu را نشان می‌دهد. بی‌هنجاری مثبت Ce نشانگر محیط تشکیل با فعالیت بالای اکسیژن در زمان تبلور این توده است [۲۰]. به علت تشابه یونی Eu^{2+} با Ca^{2+}، Eu می‌تواند بجای Ca وارد ساختار پلاژیوکلازها شده و باعث بی‌هنجاری مثبت Eu شود. از سوی دیگر، Eu در شرایط اکسیدی بی‌تحرک است و با جذب سطحی توسط اکسیدها متمرکز می‌شود [۵۱، ۵۲]. گستره تغییرات کمتر از ۱ برای نسبت Eu/Eu^* و بی‌هنجاری‌های منفی Eu و مثبت Ce برای دگرسانی‌های کلریتی-سریسیتی و پروپلیتی میزبان کانه‌زایی رگه-رگچه‌های سولفیدی-اکسیدی نشان‌دهنده محیط گرمابی اسیدی، دمای بالای ۲۵۰ درجه سانتی گراد و فعالیت بالای اکسیژن طی گسترش این دگرسانی‌ها هستند [۱۹، ۵۳] که با تشکیل کانی‌های هماتیت، اسپکیولاریت و مگنتیت با بافت مارتیتی همخوانی دارد. همچنین بی‌هنجاری منفی Eu می‌تواند در ارتباط با تخریب پلاژیوکلازها طی دگرسانی و خروج Ca و Eu از محیط باشد [۱۹]. برای کنترل این نتایج از نمودار دومتغیره Ce/Ce^* نسبت به Pr/Pr^* [۴۹] استفاده شد (شکل ۱۲). نمونه‌های دگرسانی فیلیک و دو نمونه آرژیلی در گستره بی‌هنجاری منفی Ce قرار دارند که بیانگر تهی‌شدگی Ce و بی‌هنجاری مثبت Eu و گویای شرایط احیایی و خنثی محلول‌های گرمابی هستند که با حضور سولفیدهای گرمابی، به ویژه پیریت همخوانی دارد.

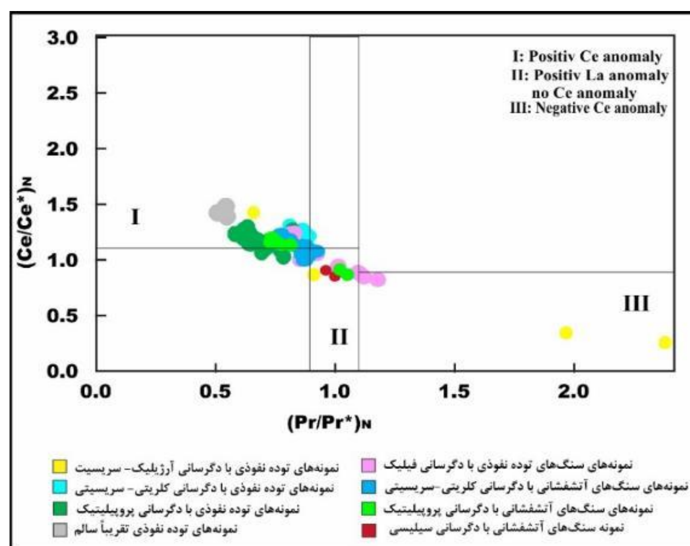
[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

کنترل کانی‌شناسی سنگ بر توزیع عناصر خاکی نادر

چند دسته کانی به عنوان میزبان REEها در پهنه‌های دگرسانی گزارش شده‌اند که از آن جمله می‌توان به کانی‌های رسی، کانی‌های فسفات‌دار، اکسیدها و هیدرواکسیدهای منگنز و آهن، کانی‌های تیتانیم‌دار، فسفات‌های ثانویه و زیرکن اشاره کرد [۲۶]. در این پژوهش به منظور مشخص نمودن کانی‌های میزبان REEها، از ضریب همبستگی رتبه‌ای پیرسون [۱۹] استفاده شد (جدول ۴). همبستگی مثبت و بالا بین SiO_2 و La، Ce، Pr و Nd (با r=۰/۵۳)، CaO و Tm (با r=۰/۳۸)، K_2O و Lu (با r=۰/۲۳) و Na_2O و REEها (با r=۰/۴۵) وجود دارد. که نشانگر نقش اصلی کانی‌های آلبیت، موسکویت، ایلیت و مونتموریلونیت در تمرکز و تثبیت REEها به جز در پهنه دگرسانی آرژیلی است. بین REEها و اکسیدهای Fe_2O_3 و MnO ضرایب همبستگی منفی و بالا وجود دارند (به ترتیب برابر با r=-۰/۴۴ و r=-۰/۴۲) که نشان دهنده عدم تمرکز REEها توسط کانی‌های آهن و منگنزدار است. از سویی، وجود ضرایب همبستگی مثبت و بالا بین P_2O_5 و REEها، به جز La، Ce، Pr و Lu (با r=۰/۴۵)، TiO_2 و Sm، Eu، Dy و Er (با r=۰/۳۲) ، Zr و LREEها به جز Eu (با r=۰/۴۱)) نشان می‌دهد که کانی‌های فسفات‌های ثانویه، تیتانیوم‌دار و زیرکن می‌توانند در کنترل و تثبیت عناصر خاکی نادر مؤثر باشند. این احتمال وجود دارد که افزون بر فازهای کانیایی شناسایی شده در بررسی‌های سنگ‌نگاری، کانی‌های دیگری نیز میزبان REEها در این سنگ‌ها باشند که با بررسی‌های میکروسکوپی شناسایی نشده‌اند. همبستگی مثبت و خوب بین عنصر Y و REEها (r=۰/۶۵) بیانگر نقش مؤثر کانی زنوتایم در توزیع REEها در سنگ میزبان دگرسان شده است.

نوع محلول‌های مسئول دگرسانی گرمابی

یکی از روش‌های زمین‌شیمیایی برای تعیین خاستگاه محلول دگرسان کننده، استفاده از مقادیر TiO_2 نمونه‌هاست. برخی بر این باورند که مقدار TiO_2 کمتر از یک مربوط به ماهیت درونزاد و بیشتر از یک مربوط به ماهیت برونزاد است [۵۴]. مقادیر TiO_2 برای نمونه‌های زیرسطحی در گستره ۰/۳۹ تا ۰/۹۸ و در نمونه‌های سطحی از حدود ۰/۱۵ در دگرسانی سیلیسی تا ۱/۰۷ در دگرسانی آرژیلی متغیر است. استفاده از نمودار Ba+Sr نسبت به Ce+Y+La و مقادیر Zr نسبت به TiO_2 از دیگر روش‌های تشخیص نوع محلول‌های دگرسان کننده و عامل کانی‌سازی در منطقه می‌باشد [۲۴]. با جایابی نمونه‌های مورد بررسی در این نمودارها، هر دو فرآیند درونزاد با نقش بسیار مهم و برجسته و برونزاد در گسترش و تکامل پهنه-های دگرسانی گستره معدنی تازه‌کند سهیم بوده‌اند (شکل ۱۳).

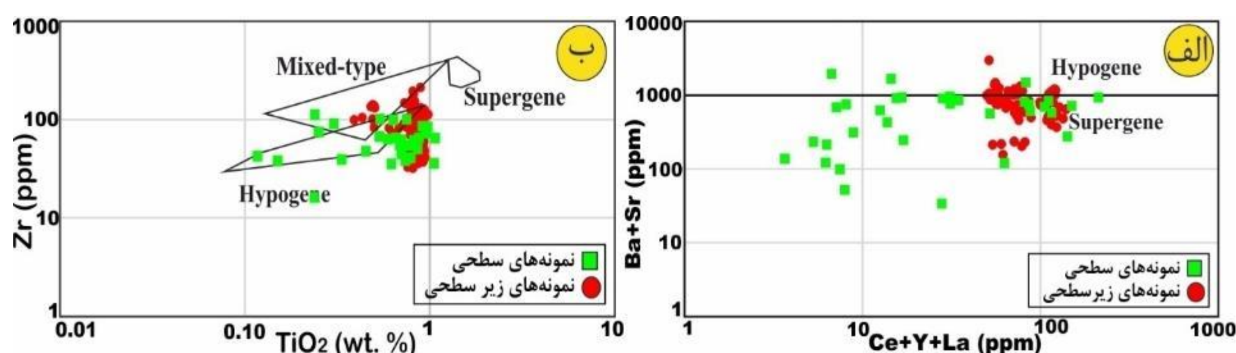


شکل ۱۲ نمودار $(Ce/Ce^*)_n$ نسبت به $(Pr/Pr^*)_n$ که بر اساس آن، بیشتر نمونه‌های مورد بررسی در گستره I قرار دارند و بی هنجاری مثبت Ce را نشان می‌دهند [۵۰].

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

جدول ۴ بررسی ماتریس ضریب همبستگی رتبه‌ای پیرسون بین عناصر خاکی نادر و اکسیدهای اصلی در نمونه‌های سطحی و زیرسطحی گستره مورد بررسی (* همبستگی متوسط، ** همبستگی قوی).

	SiO2	Al2O3	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	TiO2	Zr	Y
La	۰٫۶۶**	-۰٫۵۵**	-۰٫۲۲*	-۰٫۶۶**	۰٫۰۷۹	-۰٫۷۷**	-۰٫۶۵**	۰٫۳۷**	۰٫۰۱۲	-۰٫۲۷**	۰٫۴۹**	۰٫۶۵**
Ce	۰٫۵۱**	-۰٫۴۲**	-۰٫۱۳	-۰٫۵۸**	-۰٫۰۳۴	-۰٫۶۶**	-۰٫۵۷**	۰٫۴۹**	۰٫۱۷	-۰٫۱۲	۰٫۵۸**	۰٫۷۴**
Pr	۰٫۵۵**	-۰٫۵۳**	۰٫۱۴	-۰٫۶۱**	-۰٫۰۳۷	-۰٫۷۰**	-۰٫۶۵**	۰٫۴۶**	۰٫۱۹	-۰٫۱۶	۰٫۳۴**	۰٫۵۵**
Nd	۰٫۴۲**	-۰٫۴۵**	-۰٫۰۱	-۰٫۵۷**	-۰٫۰۹	-۰٫۶۱**	-۰٫۶۰**	۰٫۵۰**	۰٫۳۲**	-۰٫۰۵	۰٫۲۶*	۰٫۵۳**
Sm	۰٫۰۵	-۰٫۰۲	۰٫۱۴	-۰٫۳۵**	-۰٫۲۶*	-۰٫۳۶**	-۰٫۳۸**	۰٫۶۲**	۰٫۵۵**	۰٫۲۹**	۰٫۱۷	۰٫۷**
Eu	-۰٫۱۲	-۰٫۰۲	۰٫۴۴**	-۰٫۲۵*	-۰٫۲۹**	-۰٫۰۷	-۰٫۱۷	۰٫۲۸**	۰٫۵۳**	۰٫۳۶**	-۰٫۱۷	۰٫۴**
Gd	۰٫۲۱*	-۰٫۲۶*	۰٫۰۷	-۰٫۴۱**	-۰٫۲۷*	-۰٫۴۴**	-۰٫۴۲**	۰٫۵۴**	۰٫۴۹**	۰٫۱۹	۰٫۲۲*	۰٫۶۸**
Tb	۰٫۱۶	-۰٫۱۹	۰٫۰۹	-۰٫۴۰**	-۰٫۲۳*	-۰٫۴۲**	-۰٫۴۱**	۰٫۵۲**	۰٫۴۷**	۰٫۲	۰٫۱۹	۰٫۶۸**
Dy	۰٫۰۴	-۰٫۰۵	۰٫۱۶	-۰٫۲۸**	-۰٫۳۰**	-۰٫۲۷**	-۰٫۲۶*	۰٫۵۲**	۰٫۵۶**	۰٫۳۳**	۰٫۱۵	۰٫۷۶**
Er	۰٫۰۸	-۰٫۰۱	۰٫۱۸	-۰٫۳۲**	-۰٫۲۰*	-۰٫۲۸**	-۰٫۲۶*	۰٫۴۳**	۰٫۴۸**	۰٫۲۸**	۰٫۱۶	۰٫۷۵**
Tm	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۳۸**	-۰٫۴۴**	-۰٫۱۰	-۰٫۲۷*	-۰٫۳۸**	۰٫۴۰**	۰٫۴۴**	۰٫۱۹	۰٫۰۳	۰٫۵۲**
Yb	۰٫۲۴*	-۰٫۰۸	۰٫۰۴	-۰٫۳۸**	-۰٫۰۰۲	-۰٫۳۸**	-۰٫۳۶**	۰٫۳۶**	۰٫۲۴*	۰٫۴۰	۰٫۱۸	۰٫۵۷**
Lu	۰٫۲۰	-۰٫۱۵	۰٫۰۹	-۰٫۴۴**	۰٫۲۳*	-۰٫۳۶**	-۰٫۴۷**	۰٫۲۷*	۰٫۰۷	-۰٫۲۴*	۰٫۱۲	۰٫۰۷
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).				*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						N = 90		



شکل ۱۳ الف) نمودار (Ce+Y+La) نسبت به (Ba+Sr) [۲۴] و ب) نمودار TiO_2 نسبت به Zr، برای تعیین خاستگاه محلول‌های دگرسان کننده [۲۴].

برداشت

براساس یافته‌های زمین‌شیمیایی، ترکیب اصلی توده‌های نفوذی منطقه معدنی تازه‌کند در گستره کوارتزمونزونیت، مونزونیت، مونزودیوریت تا گابرودیوریت متغیر است، همچنین واحدهای آتشفشانی در گستره تراکی آندزیت، آندزیت و آندزیت بازالتی واقع هستند. سیال های گرمابی برآمده از توده - های نفوذی مسئول دگرسانی‌های گرمابی درونزاد کلریت-سریسیت، فیلیک، پروپلیتی، کربناتی، آرژیلی پیشرفته و متوسط، سیلیسی و برونزاد اکسید و هیدرواکسیدهای آهن همراه با کانه‌زایی سولفیدی-اکسیدی هستند. نمودار AI نسبت به CCPI، به نام نمودار جعبه‌ای دگرسانی، نشان دهنده قرارگیری بیشتر نمونه‌های سطحی و زیرسطحی دگرسان شده در قلمرو دگرسانی گرمابی است که روند اصلی دگرسانی کلریتی- اپیدوتی- کربناتی را نشان می‌دهد. این یافته‌ها با شواهد سنگ‌نگاری برای ظهور و فراوانی کانی‌های گرمابی سریسیت، کلریت، اپیدوت، ایلیت و کربنات‌ها همخوانی دارند و تنها نمونه‌های دگرسانی فیلیک با سنگ میزبان توده نفوذی و نمونه‌های دگرسانی پروپیلیتی با سنگ میزبان آندزیتی در گستره دگرسانی ضعیف و سنگ مادر سالم قرار می‌گیرند. همچنین بر اساس بررسی های CIA، بیشترین شدت دگرسانی مربوط به رگه‌های سیلیسی و ضعیف‌ترین آن مربوط به دگرسانی فیلیک با سنگ میزبان نفوذی و پروپیلیتی با سنگ میزبان آندزیتی است. محاسبه عامل غنی‌شدگی در پهنه‌های دگرسان این منطقه نشان می‌دهد که دما و pH محلول‌های دگرسان کننده و ترکیب کانی‌شناسی پهنه‌های دگرسان نقش مهمی در تهی‌شدگی و غنی‌شدگی عناصر مختلف در این منطقه داشته‌اند. همچنین، pH پایین محلول‌های دگرسان کننده، عامل مهمی در تجزیه کانی‌هایی چون پلاژیوکلاز،

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

فلدسپار قلیایی و کانی‌های فرومنیزین و خروج K_2O، Na_2O و CaO است. الگوی کلی توزیع REEهای بهنجار شده نسبت به کندریت و گوشته اولیه در سنگ میزبان توده نفوذی و واحدهای آتشفشانی دگرسان شده و به نسبت سالم یک شیب منفی مشخص و غنی‌شدگی LREEها و LILEها و تهی شدگی HREEها و HFSEها درطی فرآیند دگرسانی را نشان می‌دهد که شاخص فعالیت ماگمایی محیط‌های فرورانشی است. الگوی مشابه و هم‌روند نمودارهای عنکبوتی سنگ‌های آذرین تازه‌کند، نشانگر نزدیکی زایشی انواع سنگ‌ها و خاستگاه مشابه آنهاست، که می‌توان محیط زمین ساختی و به احتمال بسیار منبع مشابه را برای آن‌ها در نظر گرفت. تحلیل نتایج زمین-شیمیایی نقش اصلی کانی‌های آلبیت، موسکویت، کلریت، اپیدوت، ایلیت و مونتموریلونیت و کانی‌های فسفات‌های ثانویه، تیتانیوم‌دار و زیرکن در تمرکز و تثبیت REEها و عدم تمرکز آنها را توسط کانی‌های آهن و منگنزدار نشان می‌دهد. همبستگی مثبت و خوب بین عنصر Y و REEها بیانگر نقش مؤثر کانی زنوتایم در توزیع REEها در سنگ میزبان دگرسان شده است. بی‌هنجاری‌های Eu، Ce و Pr (*Eu/Eu، *Ce/Ce و *Pr/Pr) در کانسنگ‌ها بهمراه سنگ میزبان سالم و دگرسان شده بررسی شده‌اند. با بررسی تغییرات رفتار عناصر اصلی، فرعی، کمیاب و خاکی نادر می‌توان گفت که هر نوع دگرسانی شرایط فیزیکوشیمیایی ویژه به خود را داشته که ناشی از عملکرد تزریق چند باره سیال گرمابی طی دو فرآیند درون‌زاد و برون‌زاد است، به طوریکه فرآیندهای درونزاد نسبت به فرآیند برونزاد نقش بسیار مهم و برجسته‌ای در گسترش و تکامل پهنه‌های دگرسانی گستره معدنی تازه‌کند داشته‌اند.

قدردانی

نگارندگان از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه تبریز برخوردار بوده‌اند. نگارندگان همچنین از حمایت‌های مالی شرکت صنعت بنا ماشین بهره گرفته‌اند، که به این وسیله از مسئولین این شرکت تشکر می‌نمایند. نگارندگان از نظرات و پیشنهادات سازنده داوران محترم مجله نیز سپاسگزاری می‌نمایند.

مراجع

[1] Arndt N., Ganino C., "*Metals and Society: an Introduction to Economic Geology*", Springer, (2012)160p.

[2] Pirajno F., "*Hydrothermal Processes and Mineral Systems*", Springer, (2009) 1250p.

[3] Large R.R., Gemmell J.B., Paulick H., Huston D., *"The alteration box plot: a simple approach to understanding the relationship between alteration mineralogy and lithogeochemistry associated with VHMS deposit*", Economic Geology, 96 (2001) 957-972.

[4] White N.C., Hedenquist J.W., "*Epithermal gold deposits: styles, characteristics and Exploration*", Society of Economic Geologists, Newsletter, 23 (1995) 9-13.

[5] Warren I., Simmons S.F., and Mauk J.L., *"Whole- rock geochemical techniques for evaluating hydrothermal alteration, mass changes, and compositional with epithermal Au-Ag mineralization"*, Economic Geology, 102 (2007) 923-948.

[6] Gemmell J.B., *"Hydrothermal alteration associated with the Gosong epithermal Au-Ag deposit Halmahera, Indonesia; Mineralogy, geochemistry, and exploration implications"*, Economic Geology, 102 (2007) 893-922.

[7] Nabatian G., Ghaderi M., Corfu F., Neubauer F., Bernroider M., Prokofiev V., Honarmand M., *"Geology, alteration, age andorigin of iron oxide–apatite deposits in Upper Eocene quartz monzonite, Zanjan district, NW Iran"*, Mineralium Deposita, 49 (2014) 217–234.

[8] Aghazadeh M., Castro A., Rashidnejad Omran N., Emami M.H., Moinvaziri H., Badrzadeh Z., *"The gabbro (shoshonitic)-monzonite-granodiorite association of Khankandi pluton, Alborz Mountains, NW Iran"*, J. Asian Earth Sci, 38 (2010) 199–219.

[9] Ajali N., Torkian A., Tale Fazel E., *"Rasht abad Copper-Gold intermediate sulfidation epithermal deposit (north of Zanjan): Evidence of mineralization, Fluid inclusion and stable isotope C-O (in Persian)"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 29 (2021) 207-220.

[10] Kouhestani H., Mokhtari M.A.A., KezhangQ., Junxing Z., *"Fluid inclusion and stable isotopeconstraints on ore genesis of the Zajkanepithermal base metal deposit, Tarom–Hashtjinmetallogenic belt,NW Iran"*, Ore Geology Reviews, Vol:109 (2019) p:564–584.

[11] Yasami N., Ghaderi M., Madanipour S., Taghilou B.,*"Structural control on overprinting high-sulfidation epithermal on porphyry mineralization in the Chodarchay deposit, northwestern Iran"*, Ore Geology Reviews, 86 (2017) 212–224.

[23] Arslan M., Kadir S., Abdioglu E., Kolayli H.,*"Origin and formation of Kaolin Minerals in Saprolite of Tertiary Alkaline volcanic rocks. Eastern pontides, NE Turkey"*, Clay Minerals, 41 (2007) 597-617.

[24] Dill H. G., Bosse H. R., Kassbohm J.,*"Mineralogical and chemical studies of volcanic-related argillaceous industrial minerals of the Central America Cordillera (Werstern Salvador)"*, Economic Geology, 95 (2000) 517-538.

[25] Koppi A. J., Edis R., Foeld D. J., Geering H. R., KlessaD. A., Cockayne D. J. H.,*"REE trends and Ce-U- Mn associations in weathered rock from Koongarra, northern territory, Australia"*, Geochimica et Cosmochimica Acta, 60 (1996) 1695-1707.

[26] Abedini A., Calagari A. A., "*Geochemical characteristics of the Arabshah kaolin deposit, Takab geothermal field, NW Iran*", Arabian Journal of Geosciences, 9 (2016) 1-16.

[27] Simmons S.F., White N.C., John D., *"Geological characteristics of epithermal preciousand base metal deposits"*, Economic Geology 100TH ANNIVERSARY VOLUME, (2005) 485N522.

[28] Plank T., Langmuir C. H., *"The chemical composition of subducting sediment and its consequence for the crust and mantle"*, Chemical Geology, 145 (1988) 325-394.

[29] White N.C., Leake M.J., McCaughey S.N., Parris B.W., *"Epithermal gold deposits of thesouthwest Pacific"*, Journal of Geochemical Exploration 54 (1995) 87–136.

[30] Heald P., Foley N. K., Hayba D. O.,*"Comparative anatomy of volcanic – hostedepithermal deposite: acid – sulfate and adularia –sericite type"*, Economic Geology, 82 (1987) 1-26.

[31] Jiang, S.Y., Yang, J.H., Ling, H.F., Feng, H.Z., Chen, Y.Q., Chen, J.,*"Re–Os isotopes and PGE geochemistry of black shales and intercalated Ni–Mo polymetallic sulfide bed from the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China"*. Progress in Natural Science (Special issue), (2004)18–24

[32] Salvi S., Williams-Jones A. E., *"The role of hydrothermal processe in concentrating high field strength elements in the Strange Lake peralkaline complex, northeastern Canada"*, Geochimica et Cosmochimica Acta, 60 (1996) 1917-1932.

[12] Kouhestani H., Azimzadeh A.M., Mokhtari, M.A.A., Ebrahimi M., *"Mineralization and fluid evolution of epithermal base metalveins from the Aqkand deposit, NW Iran. Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen"*, Journal of Mineralogy and Geochemistry, 194 (2017) 139–155.

[13] Mehrabi B., Ghasemi Siani M., Goldfarb R., Azizi H., Ganerod M., Marsh E.E., *"Mineral assemblages, fluid evolution and genesis of polymetallic epithermal veins, Gulloje district, NW Iran"*, Ore Geology Reviews 78 (2016) 41–57.

[14] Amini B., "*Geological map of IRAN 1:100000 Tarom (in Persian)"*, Geological Survey of Iran (2000).

[15] Whitney, D.L. and Evans, B.W.,*"Abbreviations for names of rock-formingminerals"*, American Mineralogist, 95 (2010) 185–187.

[16] Ishikawa Y., Sawaguchi T., Iwaya S., Horiuchi M., *"Delineation of prospecting targets for Kuroko deposits based on modes of volcanism of underlying dacite and alteration halos"*, Mining Geology, 26 (1976) 105-117.

[17] Fedo C.M.,Nesbitt P., Young G.M., *"Unraveling the effect of potassium metasomatismin sedimentary rocks and paleosols, withimplications for paleoweathering conditions andprovenance"*, Geology 23(1995) 363-381.

[18] Malpas J., Duzgoren-Aydin N.D., Aydin A., *"Behaviour of chemical elements duringweathering of pyroclastic rocks. Hong Kong"*, Environment International 26 (2001) 359-368.

[19] Rollinson HR., *"Using Geochemical Data:Evaluation, Presentation, Interpretation"*, Longman Scientific and Technical, New York (1993) 352.

[20] Fulignati P., Gincada A.,Sbrana A., *"Rare earth element (REE) behavior in the alteration facies of the active hydrothermal system of volcano (Aeolian magmatic islands, Italy)"*, Journal ofVolcanology and Geothermal Research, 88 (1999) 325-342.

[21] Karakaya N., "*REE and HFS element behaviour in the alteration facies of the Erenler Da56Volcanics (Konya, Turkey) and kaolinite occurrence*", Journal of Geochemical Exploration, 101 (2009) 185-208.

[22] Mason B., Moore C.B., *"Principle of geochemistry"*, John Wiley, New York (1984) 344 p.

[DOI: 10.61186/ijcm.32.4.683]

[33] Nesbitt H. W., Wilson R. E., *"Recent chemicalweathering of basalts"*, American Journalof Science, 292 (1992) 740-777.
[34] Marques J.J., Schulze D., Curi N., Mertzman S.,*"Major element geochemistry and geomorphic relationships in Brazilian Cerrado soils"*, Geoderma, 119 (2004) 179 – 195
[35] Price B.J., *"Minor element in pyrites from the Smithers Map Area, British Columbia and Exploration Applications of Minor element Studies (doctoral dissertation)"*. Vancouver: Columbia University, (1972).
[36] Zhou Jiaxi, Huang Zhilong, Zhou Guofu, Li Xiaobiao, Ding Wei, Bao Guangping, *"Trace elements and rare earth elements of Sulfide minerals in the Tianqiao Pb-Zn ore deposit, Guizhou province, China"*. Acta Geologica Sinica, 85(2011) 189-199.
[37] Muchangos A., *"The mobility of rare-earth and other elements in the process of alteration of rhyolitic rocks to bentonite (Lebombo Volcanic Mountainous Chain, Mozambique)"*, Journal of Geochemical exploration, 88 (2006) 300-303.
[38] Panahi A., Young G. M., Rainbird R. H., *"Behavior of major and trace elements (includingREE) during Paleoproterozoic pedogenesis anddiagenetic alteration of an Archean granite nearVill Marie, Quebec, Canada"* ,Geochimica et Cosmochimica Acta, 64 (2000) 2199-2220.
[39] Barnett M.O., Jardine P.M., Brooks S.C., Selim H.M., *"Adsorption and transport of uranium (VI) in subsurface media"*, Soil Science Society of America Journal, 64 (2000) 908-917.
[40] Wood S. A., *"The aqueous geochemistry of the rare earth elements and yttrium: 2. Theoretical prediction of speciation in hydrothermal solutions to 350°C at saturation water vapor pressure"*,Chemical Geology, 88 (1990) 99-125.
[41] Haas J. R., Shock E. L., Sassani D. C., *"Rare earth elements in hydrothermal systems: estimates of standard partial molal thermodynamic properties of aqueous complexes of the rare earth elements at high pressures and temperatures"*, Geochimica Cosmochimica Acta, 59 (1995) 4329-4350.
[42] Abdioğlu E., Arslan M., Kadir S., Temizel İ., *"Alteration mineralogy, lithochemistry and stable isotope geochemistry of the Murgul (Artvin, NE Turkey) volcanic hosted massive sulfide deposit: implications for the alteration age and ore forming fluids"*, Ore Geology Reviews, 66 (2015) 219-242.
[43] Bi X.W., Hu, R.Z., Peng, J.T., Wu K.X., *"REE and HFSE geochemical characteristics of pyrites in Yaȯ a gold deposit: tracing ore forming fluid signatures. Bulletin of Mineralogy"*, Petrology and Geochemistry, 23 (2004) 1-4 (in Chinese with English abstract).
[44] Boynton W.V., *"Cosmochemistry of the rareearth elements: meteorite studies. In: Henderson,P. (Ed.), Rare Earth Element Geochemistry"*, Elsevier, Amsterdam, (1984) 63–114.
[45] McDonough W. F., S. S. Sun., *"Thecomposition of the Earth"*, Chem. Geol., 120 (1995) 223-253.
[46] Wilson M., *"Igneous petrogenesis: A global tectonic approach"*, Unwin Hymen, London, (1989) 466.
[47] Chen W., Shu L., Santosh M., *"Late Paleozoic post-collisional magmatism in the Eastern Tianshan Belt, Northwest China: New insights from geochemistry, geochronology and petrology of bimodal volcanic rocks"*, Lithos, 127 (2011) 581-598.
[48] McLennan S.M., *"Rare earth elements in Sedimentary rocks. Influence of provenance and sedimentary processes. In: Lipin, B.R., McKay, G.A. (Eds.)"*, Geochemistry and mineralogy of rareearth element s. Reviews in Mineralogy, 21 (1989) 169-200.
[49] Taylor Y, McLennan S. M., "The *continental crust: Its composition and evolution*", 1st ed.Oxford, UK: Blackwell (1985).
[50] Bau, M., Dulski, P.,*"Distribution of yttrium and rare-earth elements in the Penge and Kuruman iron-formations, Transvaal Supergroup, South Africa"*. Precambrian Res, 79 (1996).37–55.
[51] Giese U., Bau M., Dulski P., *"Trace element availability during experimental leaching of midocean ridge basalt at 70°C*', Terra Nova, 5 (1993) 54.
[52] Giese U., Bau M., *"Trace element accessibility in mid-ocean ridge and ocean island basalt: an experimental approach"*, Mineralogical Magazin, 58A (1994) 329-330.
[53] Sverjensky D. A., *"Europium redox equilibria in aqueous sotution"*, Earth Planet Sci Lett, 67 (1984) 70–78.
[54] Maiza P. J., Pieroni D., Marfil S. A.,*"Geochemistry of hydrothermal Kaolins in the SEarea of Los Menucos, Province of Rio Negro,Argentina"*, Clay Odyssey Elsevier, Amsterdam (2001) 123-130.